

# APPARATUS AND METHOD FOR FABRICATING HIGH VOLTAGE WINDING FOR TOROIDAL TRANSFORMER

**Publication number:** CN87103615 (A)

**Publication date:** 1987-11-25

**Inventor(s):** HERBERT J. MACEMON, ; RANDALL L. SCHLAKE

**Applicant(s):** KUHLMAN CORP

**Classification:**


- **international:** *H01F41/06; H01F41/08; H01F41/06;* (IPC1-7): H01F41/08


- **European:** H01F41/06C; H01F41/06I; H01F41/08


**Application number:** CN19871003615 19870515


**Priority number(s):** US19860863633 19860515


**Also published as:**

 US4699184 (A)

 JP62291013 (A)

 EP0246827 (A1)

 DK245587 (A)

 CA1272584 (A1)

more >>

Abstract not available for **CN 87103615 (A)**

---

Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide



[12] 发明专利申请公开说明书

[11] CN 87 1 03615 A

[43] 公开日 1987 年 11 月 25 日

(21) 申请号 87 1 03615

(22) 申请日 87.5.15

(30) 优先权

(32) 86.5.15 (33) US (31) 863,633

(71) 申请人 库尔曼公司

地址 美国密歇根州

(72) 发明人 赫伯特·J·梅斯蒙

兰德尔·L·施莱克

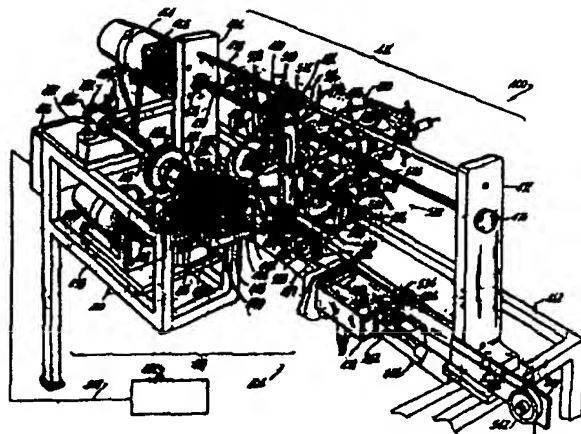
(74) 专利代理机构 中国专利代理有限公司

代理人 曹济洪

(54) 发明名称 制造环形变压器高压绕组的设备和方法

(57) 摘要

被公开的环形变压器有一低压线圈，一高压线圈和一环形磁芯。最佳的低压和高压线圈各自连续，并穿过其内形成一弧形的延长通道。最佳的环形磁芯利用一种由磁性材料制成的连续带材被牢牢地绕入所述弧形延长通道内的适当位置，制成一个具有连续绕组和一连续卷绕磁心的环形变压器。各种部件和组件随同生产这些环形电力变压器，其部件及其组件的各种装置和方法一起也予以公开。



1. 一种用于将导线绕成饼形线圈束的装置，其特征在于，所述装置包括：

配置有限定一环形模槽的一个底壁和两个侧壁用于容纳多匝导线的  
一个绕线模芯，每匝有一内支线、一外支线、一收缩轭和一扩张轭对应于所述环形模槽的一个内柱部分、一个外柱部分、一个收缩轭部分和一个扩张轭部分，所述侧壁在所述环形模槽的所述内柱部分向着通向所述环形模槽的一窄开口收缩，以形成一个凹进的模槽部分；

用于在所述导向装置和所述绕线模芯相对转动时，使导线轴向地定位，以使导线绕入所述环形模槽的导向装置，所述导向装置包括位于所述环形模槽外和导线协同操作用于将导线横向地布置在所述环形模槽所述凹进部分内的所述窄开口的预定的轴向位置上的一个定位部分，以及

用于在一个线圈匝的绕线过程中，调整所述导向装置的所述定位部分的轴向位置，以使被绕的所述线圈匝的所述内支线和所述外支线基本上位于一预定平面内的调整装置，所述调整装置通常根据所述预定平面至少对于所述线圈匝的一部分的绕线调整所述导向装置的所述定位部分的轴向位置，以调整所述环形模芯的所述凹进部分内导线的所述预定轴向位置。

2. 一种用于将导线绕成饼形线圈束的装置，其特征在于，所述装置包括：

配置有限定一环形模槽的一个底壁和两个侧壁用于容纳多匝导线的  
一个绕线模芯，每匝有一内支线、一外支线、一收缩轭和一扩张轭对应于所述环形模槽的一个内柱部分、一个外柱部分、一个收缩轭部分和一个扩张轭部分，所述侧壁在所述环形模槽的所述内柱部分向着通向所述环形模槽的一窄开口收缩，以形成一凹进的模槽部分；

用于在所述导向装置和所述绕线模芯相对转动时，使导线轴向地定

位，以使导线绕入所述环形模槽的导向装置，所述导向装置包括位于所述环形模槽外和导线协同操作用于将导线横向地布置在所述环形模槽所述凹进部分内的所述窄开口的预定的轴向位置上的一个定位部分；以及

用于在一个线圈匝的绕线过程中，调整所述导向装置的所述定位部分的轴向位置，以使所述内支线和所述外支线全都平行地配置，以及使所述收缩支线相对于一预定点径向地配置的调整装置。

3. 一种如权利要求2 所叙述的装置，其特征在于：所述预定点基本上是所述侧壁的汇合点。

4. 一种如权利要求2 所叙述的装置，其特征在于：所述预定点基本上是所述窄开口的中点。

5. 一种用于将导线绕成饼形线圈束的装置，其特征在于，所述装置包括：

配置有限定一环形槽模的一个底壁和两个侧壁用于容纳多匝导线的的一个绕线模芯，每匝有一内支线、一外支线、一收缩轭和一扩张轭对应于所述环形模槽的一个内柱部分、一个外柱部分、一个收缩轭部分和一个扩张轭部分，所述侧壁在所述环形模槽的所述内柱部分向着通向所述环形模槽的一窄开口收缩，以形成一凹进的模槽部分；

用于在所述导向装置和所述绕线模芯相对转动时，使导线轴向地定位，以使导线绕入所述环形模槽的导向装置，所述导向装置包括位于所述环形模槽外和导线协同操作用于将导线横向地布置在所述环形模槽所述凹进部分内的所述窄开口的预定的轴向位置上的一个定位部分；以及

用于在一个线圈匝的绕线过程中，调整所述导向装置的所述定位部分的轴向位置，以使所述线圈匝的所述内支线和所述外支线配置在相应的预定位置的调整装置，在所述收缩支线的绕线过程中，所述调整装置按照所述内支线和所述外支线的所述预定位置使所述导向装置定位。

6. 一种如权利要求1、2 或5 所叙述的装置，其特征在于，所述

定位导向装置包括一个正对所述环形模槽并在其圆周的一部分上载有导线的定位轮。

7 . 一种如权利要求6所叙述的装置，其特征在于：所述定位导向装置还包括用于绕一条基本上正交于所述模芯轴线的自位轮轴线转动地配置所述定位轮，以使所述定位轮可以自位转动的自位轮安装装置。

8 . 一种如权利要求1、2或5所叙述的装置，其特征在于：所述调整装置包括用于沿一基本上平行于所述模芯轴线的路径承载所述导向装置的滑架装置，以及还包括用于沿所述路径推动所述滑架装置，以能使所述导向装置装导线轴向地布置在所述环形模槽内的滑架驱动装置。

## 制造环形变压器高压绕组的设备和方法

本发明涉及环形变压器设计以及制造设备和方法，这些设计以及制造设备和方法在若干方面提高了变压器的效率。例如，本发明提供了一种高能量效率的环形变压器，因为该变压器在能量转换期间以及很少或无能量转换的空载期间都能减少电能转变成热能的损失。由于较低的铁心损耗和较低的绕组损耗使能量效率得以提高。

本发明提供了一种高压线圈绕线机及其方法，这种绕线机将导线绕入绕线模芯的模槽内，模芯具有向着模槽开口收缩的侧壁，而且这种绕线机有导向装置，即使导向装置位于模槽的外部，而并不径向地移动或绕从导向装置向模芯延伸的导线的轴线倾斜，导向装置也能在模芯转动时，将导线准确地定位在模槽内。尤其是，本发明根据被卷绕线圈匝的内支线(inside leg)和外支线(outside leg)的位置使导向装置定位。

最好被绕的线圈匝内、外支线平行地配置，以便限定一平面，在卷绕包括内支线的线圈匝那部分时，导线离开导向装置的出发点位于该平面内。从外柱(outside leg)向内柱(inside leg)延伸的逐渐收缩的轭柱相对于饼形的线模槽侧壁的汇合点径向地配置，或者作为另一种选择，如果这个入口宽度大约为一条导线直径，轭柱相对于到饼形的线模槽内柱的窄入口中点径向地配置。由一线圈匝(N)的内、外支线限定的平面和下一线圈匝(N+1)内、外支线限定的平面之间的所有转移都发生在内、外柱之间的逐渐扩展的轭柱上。

由于被一线圈匝内、外支线限定的平面一般相对于模芯的旋转轴线倾斜，导线导向装置必须以一通常正弦波状的方式沿模芯旋转轴线前后

横移。借助于沿导线导向装置运动路径限定数点和这些点之间的变化率，可以逼近这种运动，并且利用常用的数字控制程序和控制器可以方便地实现这种运动。

本文所述的这些产品、方法和机器的各种特性和优点从本发明的最佳实施例的以下描述中就会显而易见，这些实施例参考其中的附图只是作为例子给出。

图1 是根据本发明的一种最佳的环形电力变压器被局部分解、局部切去的透视图。

图2 是去掉支撑机构的图1 的环形电力变压器局部切去的顶视图。

图3 是沿图2 的3-3 线而画出的去掉变压器支撑机构的一部分环形电力变压器的横断面视图。

图4 是说明安装磁心前，变压器主要部件最佳组装的示意图。

图5 是一个方框图，概括地说明制造一种根据本发明的环形电力变压器的最佳方法。

图6 是在本发明中所用的一种最佳高压线圈绕线机的一个总体视图。

图6a是图6 的高压线圈绕线机的布线组件之一部分的详细视图。

图7 是图6 的高压线圈绕线机的模芯和模芯位置检测装置一个详细的侧视图。

图7a是图7 的模芯和模芯位置检测装置的一个透视图。

图8 至图11是图3 的高压线圈绕线机的模芯和布线组件的一系列连续的视图。

图8 是在用高压线圈组成的绕组的起始阶段的模芯和布线组件的一个侧视图。

图8a是沿图8 的箭头8a而观察的模芯的正视图。

图9 是在用高压线圈组成的绕组的较后一个阶段的模芯和布线组件的一个侧视图。

图9a是沿图9的线9a-9a而观察的模芯的一个截面详图。

图10是在用高压线圈组成的绕组的更后一个阶段的模芯和布线组件的一个侧视图。

图10a是沿图10的线10a-10a而观察的模芯的一个截面详图。

图11是在用高压线圈组成的绕组的再后一个阶段的模芯和布线组件的一个侧视图。

图11a是沿图11的线11a-11a而观察的模芯的一个截面详图。

图12是在用高压线圈组成的绕组的还要后一个阶段的模芯的截面详图。

图13是供高压线圈绕线机用的布线导架的另一个实施例之一部分的一个透视详图。

图13a是图13的布线导架和绕线模芯的一个截面详图。

图14是供高压线圈绕线机用的布线导架另一个可选择的实施例的侧视图。

图15说明本发明的另一个实施例的布线组件的绕线头部分。

图16a和图16b说明支持根据图15的实施例的模槽内的导线最佳布置的原理。

图17a和17b,18a和18b,19a和19b,以及20a和20b表示在直到图20a和20b中一线圈匝完成的各个转动位置上绕线模芯和布线轮的侧视和顶视图。

这些附图只是为了说明起见描绘了本发明的各种最佳的实施例。本技术领域的技术人员从以下的讨论中很容易认识到可以使用本文中所说明的结构和方法的可供选择的实施例,只要不脱离本文中所述的本发明的原理。

图1至图3说明一个最佳的环形电力变压器10,变压器10包括一个配置在一磁心绝缘管30内的、被连续卷绕的、环形或圆环形磁心20。一



个低压线圈或低压绕组40绕在磁心绝缘管30上，并且被一高 / 低压绝缘隔板50所包围，再在其上绕置一高压线圈或高压绕组60。

高压绕组60最好由两个基本上半环形部分61和62所组成，每个半环形部分包括多个用普通导线连续绕成的饼形或楔形线束或线圈，并用上述普通导线制成的回线将线圈连接起来，例如，20个 $8.25^\circ$ 的线圈在每个上述半环形部分内形成一个总计大约  $165^\circ$  的圆弧。至少接近部分61和62端部的高压绕组60的线圈最好用绝缘衬垫或垫圈70隔开，上述回线绕半环形部分延伸，以便抵抗由于高压绕组可能经受到的非线性电压分布而引起的冲击应力，例如由雷电引起的高电压脉冲时所遇到的诸如此类的那些冲击应力。在某些情况下，图中所示的所有的高压绕组件之间都需要这些垫圈70，或者各个绕组件之间可能需要一个以上的垫圈。垫圈70包括一个分隔高压绕组60的相邻的线圈的径向突缘，而且垫圈70最好用一种可成型的纸板、牛皮纸或一种合成绝缘材料，例如聚酯薄膜或聚酰亚胺薄膜所制成。如图2 中所示，利用高压绕组件下面的径向和周围延伸的突缘71或模制的套箍将垫圈70保持在一定位置。

类似地，对应于高压绕组部分61和62，最佳的低压绕组40同样是由两个基本上为半环形的部分41和42所组成。这些最佳的低压线圈部分41和42可以各自包括以间距结构的或是单股绕组导体，双股或是多股平行导体，对于每个电压绕组，这些平行导体的一种下文会作详细的说明。在如附图所示的最佳实施例中，高压绕组部分61和62以及低压绕组部分41和42各自沿圆周延伸经过变压器10每侧上大约  $165^\circ$  的一段弧。相应地，磁心绝缘管30和高 / 低压绝缘隔板50也制成两个半环形部分，这些部分的每一个沿圆周延伸经过最佳变压器10两侧的各方上大约  $165^\circ$  的一段圆弧。因而，低压线圈40最好配置在高压线圈60内，并且这两组线圈最好围绕环形或圆环形磁心20圆周长度大约  $165^\circ$ 。

如本文中所用的与高压绕组或线圈60，以其部分61和62有关的术语

“连续”包括一种最佳的结构 其中饼形线束或线圈以及连接回线是用单股导线或导体绕制而成的，这种导线或导体是在每个高压线圈部分61或62的整个长度范围内连续的，即换言之，基本上环形变压器10的一半长度是连续的。这样术语“连续”也涉及高压线圈60各种替换的结构，其中至少每个饼形线圈是用这样一种连续导线或导体绕成的。

对于低压绕组或绕圈40，及其部分41和42，术语“连续”包括上述最佳的单股、双股或多股的布置，其中导体在各低压线圈部分41或42的整个长度上是连续的。因而在这个最佳实施例中，基本上环形变压器10一半的低压线圈是连续的。术语“连续”也包括若干种可替换的低压线圈结构中的任何一种，其中至少低压导体，无论单股、多股或其它股数，也无论是否具有交错，至少其三匝是连续。

如对于磁心20所示的术语“连续”包括用连续的磁性材料制成的单组或多组扁状带材，以及一组顺序的连续连接的磁心材料带，依次地卷绕形成越来越大的磁心20的直径区。因此，尽管在最佳实施例中，单条磁心材料带形成绕心，术语“连续”还是设想多于两条的数条磁心材料穿过相当多的线圈匝形成一绕心。

如本文中所用的分别与高低压线圈60和40有关的，以及与磁心20有关的术语“环形”或“圆环形”涉及绕一条外部轴线任意多规则或不规则形状旋转产生的一种环形结构。下面就分别详细地描述高、低压绕组或线圈60和40，以及磁心20的各种最佳结构和形状。

如图4 中概略地所示，半环形变压器的一半部分即部件11和12各自沿圆周延伸经过如上所述的大约  $165^\circ$  的一段圆弧。当最佳的变压器部分11和12组合时，则形成一个由对称的两半组成的圆环的相当大部分，各侧之间含有大约  $15^\circ$  的沿圆周的间隔。上述结构的主要目的之一是要形成一延长的弧形通道，用于使磁心20连续的绕入如图1 至图3 所示的、下文还要详细描述环形或圆环形结构内的适当位置。一旦磁心的卷绕

工序完成，借助支撑部件80（见图1），使变压器组件保持在适当的相对位置，支撑部件80使变压器10两侧上的一半部分11和12之间维持相同的间隔。然后变压器组件装入一个适当的容器结构内，诸如图1中所示的罐或外壳85。从有关用于根据本发明的环形电力变压器及其零件的制造方法的以下描述，各种附加的特点是显而易见的。

图5以方框图的形式说明制造环形变压器10最佳方法所包含的主要工序的概述。虽然为了说明起见，图5中和以后讨论中的参考数字涉及变压器的一半部分11，但变压器一半部分12的结构和制造方法最好和变压器一半部分11的结构和制造方法相同。

最好是利用双股导体原料绕制低压线圈部分41，每匝形成饼形或楔形（如从图5的上、下部分所见），以形成环形和圆环形结构。以上的低压线圈生产工序下文结合附图中的图6至图17会作详细的描述。

此外，低压线圈41放置在磁心绝缘隔板31的外部，并且被装在高/低压绝缘隔板部件51内，这些已在图4中概括地示出。这个组件准备用于添加高压线圈部件61。

最好利用连续的导线将高压线圈部件61绕制成许多饼形或楔形线束或线圈。这些绕线工序结合图6至图17下文会作详细的描述。

如图4中概略地说明的，绝缘垫圈70位于高压线圈部分61的相邻的线圈之间，套箍71伸入线圈段的环形开口内。于是高压线圈部分61和垫圈70配置在高/低压绝缘隔板部分51的外部，并且将线圈架692装入磁心绝缘隔板31内的弧形通道。其后，将端部套箍59装在隔板管51的端部，以便完成绕组装到磁心20上以前的制造一半部分11的工序。

相当薄的、扁状或带材结构组成的磁心材料最好预绕成紧密的圈，并被自动地切成由所生产的变压器大小所确定的一规定长度。然后最好将心圈受约束地退火以消除其内部应力。总的结构是一个预绕成的、环形圈614，该环形圈准备用于绕成上述变压器的一半部分11和12。

生产过程中的剩余工序包括经过半环形部分11和12间沿圆周延伸的间隙将预成形、预退火的心圈614 卷入弧形延长通道内的线圈架692,安装支撑部件80的最后组装工序,低压线圈40和高压线圈60各部分的电连接,以及将组件装入一适当的外壳结构85(见图1)。

图6 中所见的高压线圈绕线机400 的第一实施例包括一个计算机数字控制器402 和一台绕线机404。例如,该控制器402 可以是俄亥俄州辛辛那提通用电气公司(General Electrical Co.Cincinnati,Ohio)生产的型号为Mark Century 2000 MC CNC的一种数字控制器。利用控制电缆408 将控制器402 接到绕线机404 上的一控制电缆接线箱406。控制器402 将信号传送给电缆408,这些信号有效地控制绕线机404 的多种功能,这些下面就会作描述。绕线机404 主要由两个子系统组成,一个是可转动的模芯子系统401,一个是布线子系统412。当模芯转动时,布线子系统将导线准确地放置在相对模芯的一定位置,以使导线绕模芯以一预定的方式卷绕,制成多个整体连接的高压线束或线圈413。在顶视图(图2)中,线圈413 看起来是饼形或楔形的,而在侧视图(图3)线圈看起来具有普通的四边形截面。转动的模芯子系统410 包括一模芯组件414,模芯组件414 被设计成绕模芯轴线417 转动,使导线416 以预定的方式卷绕在其上,以形成整体连接的、饼形高压线圈413。

模芯组件414 配置有一个绕组模芯,该模芯借助于模芯转轴418 绕模芯轴线417 转动,转轴418 在一传动套节处连接模芯组件414,传动套节(未示出)提供模芯轴418 和模芯组件414 之间的传动接合。利用一个左模芯轴承422 和一个右模芯轴承424,将模芯轴418 转动地配置。通过模芯伺服马达426 带动模芯轴418 转动,借助于一模芯减速传动机构428 和一模芯轴传动轮430 连接伺服马达426 以带动模芯转轴418。模芯轴418 左端装有一个随之转动的模芯定位凸轮432,凸轮432 利用模芯定位开关434 的随动滚柱而被共同接合。模芯定位凸轮有一个容纳模芯

定位开关434 的滚柱的凸轮爪436 , 以表明一个模芯组件414 的测量位置, 用于检测模芯组件414 的旋转位置, 这些下面会作说明。

模芯组件414 包括一个长方形模芯管438, 管438 作为模芯组件414 的中心支撑机件, 线圈侧模板440 是楔形板, 各有一个容纳模芯管438 的矩形开口, 模板440 关于模芯轴线417 沿着径向定位而安装在模芯管438 上。如果从高压绕组413 的顶部或底部看( 沿着箭头441 表明的方向), 线圈侧模板440 是楔形或饼形的。要留意每个线圈侧模板440 包括一个固定在其周围靠近高压线圈顶部和外侧之间转角处的导线跨接导销444 。线圈内模板442 有一类似矩形的开口, 并被配置在线圈侧板440 之间, 用来在模芯管438 上将线圈侧板440 均匀地隔开。要注意线圈内模板442 相反地对应于线圈侧模板440 的饼形被加工成饼形。线圈侧模板440 和线圈内模板442 的饼形是由高压线圈413 的理想饼形而决定的。如图6 中所示, 饼形高压线圈413 的径向向内部分443 较窄。为了形成饼形高压线圈413 的径向向内部分443 。线圈内模板442 有相应较小的轴向厚度, 而线圈侧模板440 在饼形部分的内侧445 有相应较大的轴向厚度。线圈内模板442 在饼形部分的内侧445 从顶到底还有一较高的高度, 以使它的形状通常对应于低压导体的梯形形状, 绝缘隔板50 加在其上。线圈侧模板440 在饼形部分的内侧445 具有较大的径向深度, 以便在线圈413 的轴向最窄处, 适应其较大的径向深度。当装到模芯管438 时, 每个线圈内模板442 和其两个相邻的线圈侧模板440 形成一个环形导线模槽, 用于容纳多匝导线416 。

为了组装模芯组件414, 交替的线圈侧模板440 和线圈内模板442 滑过模芯管438, 直至它们紧靠左方的线圈模板夹具446 。一旦线圈侧模板440 和线圈内模板442 以贴接的关系定位在模芯管438 上, 将右线圈模板夹具448 固定于模芯管438 , 并且拧上夹紧螺钉450 , 以使线圈侧模板440 和线圈内模板442 夹在如图6 中所示的位置。要注意到为了清楚

起见图6 中已将模芯组件的一部分切去。

如前所述，模芯组件414 是由模芯传动套节旋转驱动的，传动套节装在模芯管438 左端的一个支架上。模芯组件414 的右端由一模芯支撑固定夹板452 支撑，固定夹板452 固定在模芯管438 的右端。模芯支撑固定夹板452 有一个中心凹处，该凹处顶住模芯尾架组件456 的心轴机件454 。模芯子系统410 装在支撑机架组件458 上，支撑机架组件458 包括一个长方形的前伸部分460 ，用于支承模芯伺服电动机426 ，以及包括模芯轴承422 和424 。支撑机架组件458 还有一个主要部分462 ，主要部分462 支承布线子系统412 和模芯尾架组件456 。

布线子系统412 包括一个横向伺服电动机464,伺服电动机464 利用一横向电动机支架468 装在左横向立柱466 上。横向伺服电动机464 带动一根具有预定的螺距的横向传动丝杆470,丝杆470 延伸于左横向立柱466 和右横向立柱472 之间。横向传动丝杆由左横向传动丝杆轴承474 和右横向传动丝杆轴承(未示出)支承。一根上横向导杆478 配置在横向传动丝杆470 的上方，并与丝杆470 平行地延伸于左横向立柱466 和右横向立柱472 之间。

一横向机架480 通过一个上滑动轴承482 可滑动地装在上横向导杆478 上。横向机架480 还装有一个横向传动球状螺母484 ，螺母484 被拧到横向传动丝杆470 上，以便利用横向伺服电动机464 转动传动丝杆470 ，使横向传动球状螺母484 依赖横向传动丝杆470 的旋转方向而向左或向右传动，并且相应地使横向机架480 向左或向右移动。要注意横向机架480 的下端有一个下滑动轴承532 ，轴承532 安装有一根横向导杆534 ，用于支承和引导横向机架480 的下端。如图所示，下横向导杆534 由左横向立柱466 和右横向立柱472 支承，并被配置成与横向传动丝杆470 和上横向导杆478 平行。

横向机架480 装有一个斜轴线轴承箱486,轴承箱486 再可转动地装

有一斜轴线转轴488。一个斜伺服电动机490 带动斜轴线转轴488 转动。斜轴线转轴488 装有一个起落凸轮从动轮494,利用一适当的轴承,将从动轮494 配置成能关于斜轴线转轴488 转动。斜轴线转轴488 还装有一自位轮臂496。正如所示,自位轮臂496 刚性地装在斜轴线转轴488 上,同时绕斜轴线497 转动。

如图6a中清楚地表示的,自位轮臂496 装有一布线轮轭498,利用一自位轮轴承500 将布线轮轭498 可转动地装在自位轮臂496 上。布线轮轭498 可绕穿过自位轮轴承500 中心的自位轮轴线568 转动,轴线568 横截倾斜轴线497 和模芯轴线417。将布线轮轭498 分叉,以形成一对承受布线轮504 的安装轴的支承臂502。布线轮504 装在轴承上,绕一条横截自位轮轴线568 和倾斜轴线497 的轴线相对于布线轮轭498 转动。布线轮504 沿其圆周有一条槽506,用于容纳和引导导线416,并且为把导线416 放置在环形线模槽内提供了工具。自位轮臂496 还装有一引线架508,它有一前引线滑轮510 和一后引线滑轮512。前引线滑轮510 和后引线滑轮512 各自可转动地装在引线架508 上,并且在其圆周上各有一条槽,用于容纳和引导导线416。引线架508 被装成绕后滑轮512 的轴线顺时针地转动。引线架508 利用一适当的弹簧(未示出)向上地偏移,以使前滑轮510 向上偏移而使导线416 绷紧。自位轮臂496 还包括一前固定引线孔514 和一后固定引线孔516。后固定引线孔516 把导线416 从自位轮臂496 下面导向后引线滑轮512。其后导线416 经过后引线滑轮512,并向前延伸到前引线滑轮510。通过引线滑轮510 后,导线416 向下延伸穿过前固定引线孔514 直至布线轮504 周围的槽506,以使导线416 准确地布置在模芯组件414 上,这些结合图8 至图11会作详细说明。

横向机架480 的下部还装有一个下引线滑轮架536,滑轮架536 装有一下引线滑轮538。一导线张力滑轮架540 装在右横向立柱472 上,并



装有一导线张力滑轮542。借助于导线张力滑轮542和下引线滑轮538将导线416引入布线子系统412。如前所示，导线416从下引线滑轮538向上穿过后固定引线孔516因而引导到布线轮504。导线张力滑轮542是受弹簧力作用的，使得当导线绕在模芯组件414上时，在导线416上保持适当的张力。

正如上文所指出的，横向机架480装有斜轴线轴承箱486。可是，它并不是刚性地配置在横向机架480上的。相反，它利用一适当的支承轴（未示出）配置成绕Z轴线枢轴518（图6）转动。斜轴线轴承箱486绕Z轴线枢轴518转动引起斜轴线转轴488相应的倾斜，并使布线轮504沿箭头520的方向作相应的向上和向下移动。

斜轴线轴承箱486的转动以及布线轮504相应的向上和向下运动是借助于起落凸轮组件522形成的。如图6中所示，起落凸轮组件522包括一起落凸轮伺服电动机524，伺服电动机524驱动一起落凸轮减速传动机构526，以便再带动一起落凸轮528转动。起落凸轮528接合起落凸轮从动轮494，使得当起落凸轮528在起落凸轮伺服电动机524控制下转动时，按照起落凸轮528的外形引起起落凸轮从动轮494上、下运动以及斜轴线轴承箱486相应的转动。要注意在图6中为了清楚起见，斜轴线轴承箱486和所安装的布线轮504被向上转动。起落凸轮组件522配置在起落凸轮架530上，凸轮架530固定地安装在横向机架480上，以便在横向伺服电动机464和控制器402的控制下，和横向机架480一起向左和向右移动。

起落凸轮架530还装有一模芯位置检测装置543（见图7a），检测装置543包括一探针544和一探针传感器546。探针传感器546可滑动地配置在支座548上，支座548再配置在起落凸轮架530上。探针传感器546利用一个适当的气缸装置（未示出）可以伸离或缩向支座548。模芯位置检测装置543被连接到计算机数字控制器402，用来测定模芯组件



414 的每个线圈内模板440 一边的轴向位置，并且将这个位置信息提供给计算机数字控制器402,以便它可以准确地再使布线轮504 定位在用于卷绕线圈的线圈侧模板440 之间。

应该注意到横向伺服电动机464，模芯伺服电动机426，倾斜伺服电动机490 以及起落凸轮伺服电动机524 都是根据由计算机数字控制器402 发出的控制信号运转的高度精密的装置。计算机数字控制器402 使各个伺服电动机协同地运转以实行下文所述的各种功能。

在高压线圈绕线机400 工作时，一个空的模芯组件414 配置在模芯子系统410 的模芯传动套节和模芯尾架组件456 之间。在生产环境里，因为每台高压线圈绕线机和顺序使用的若干个模芯组件414 一起运作，以及因为必定能预料到和线圈绕线机400 一起使用的每个模芯组件414 的组合零件由于正常的制造公差会有稍微不同的尺寸，预料许多线圈侧模板440 和线圈内模板442 组件总的积累公差在模芯组件414 的整个长度上变化相当大。因此，为了便于导线416 在每个环形线模槽内精确地定位，必须测定模芯组件414 上每个线圈侧模板440 的位置。这种测量是由模芯位置检测装置543 完成的，并且参照图7 和图7a会作更详细的描述。

为了便于模芯组件414 的检测，模芯轴418 被转到模芯定位开关434 的滚柱停留在模芯定位凸轮432 的凸轮爪436 处的起始位置。在那个位置上，模芯组件414 安置在大体上如图7 中以点划线表示的位置550 上。当模芯414 处在位置550 时，探针传感器546 向前移入其延伸位置552。要注意到当模芯组件414 处在位置550 时，模芯组件414 和探针传感器546 之间存在间隙，以允许横向伺服电动机464 相对于模芯组件414 移动横向机架480 和所安装的模芯位置检测装置543。

为了开始模芯组件414 的环形线模槽的轴向测量，通过横向伺服电动机464 的旋转将模芯位置检测装置543 移到靠近第一线模槽的位置。

在这个移动期间，模芯组件414 处在位置550，以便为探针传感器546 提供间隙。一旦探针传感器546 处于对如图7 和图7a所示的探针传感器的适当位置，使模芯组件414 转动大约90°，到一测量位置554，以显示邻接线圈侧模板440 的径向向外转角的其正面或侧壁。当模芯组件414 处在测量位置554 时，借助于再转动横向伺服电动机464，直到探针传感器546 感知形成线模槽侧壁的线圈侧模板440，模芯位置检测装置543 才能精确地测定该正面的位置。最好，探针传感器546 是一个利用接触检测线圈侧模板440 的接触传感器。当探针传感器546 检测线圈侧模板440 时，线模槽的轴向测量结果等于横向伺服电动机464 的位置，这个测量结果被计算机数字控制器402 储存起来。作完那个测量后，模芯组件414 再转到探针间隙位置550，模芯位置检测装置543 通过横向伺服电动机464 的转动横移到一个接近下一个线模槽的位置，然后模芯组件414 再转到测量位置554。随后再作第二线模槽的相应侧面的测量，并把那个测量结果储存在计算机数字控制器402 内。对于各个线模槽重复进行测量——横移——测量工序。直至整个模芯组件414 的每个线模槽的相应表面都作了测量和将结果储存在计算机数字控制器内。那些测量结果以后被用来控制横向伺服电动机464 的转动，以使布线轮504 在线圈卷绕工序期间相对于线模槽的每一个精确地定位。

图8 和图11说明绕线过程中导电线布入由线圈侧模板440 和线圈内模板442 所限定的环形线模槽的方式。如上所述，布线轮504 作为定位导向装置把导线416 放置在线模槽内。在图11和11a 中，说明布线轮504 处于一个线模槽所用的绕组模芯组件414 的上内转角处。要注意到导线416 依靠导线跨接导销444 被保持在模槽外部的一定位置。同样要注意到当模芯组件414 沿反时针方向转动时，除了必须绕过模芯组件414 的底面转角558 的量值外，起落凸轮528 还将布线轮504 提升到线模槽的底面上。为了使导线416 布置在预定的位置内，而该位置是随环

形高压绕组的内、外支线之间的变化而变化，就需要一附加的提升量。例如，如图12中所示。尤其是，布线轮504 不被附加提升，由于导线416 的卷绕张力，而被沿以前布置的线匝的侧面拉紧，因此导线416 就往往会顺着以前布置线匝的走向。因此，例如图12中所示，为了使新线匝按需要利用内、外柱预定的线圈布置模式跨过以前布下的线匝，必须克服这个导向作用。没有附加的提升，由布线轮504 施加给导线的最大横向力不足以达到跨过以前布下的线匝的目的。布线轮504 可能施加给导线416 的最大横向力是槽506 的深度和卷绕张力的一个函数。如果超过最大横向力，导线416 就会滑离布线轮504，阻碍导线416 进一步的精确布置，直到它再重新装上布线轮504。因此如果不利用附加提升，由于以前布置的线圈匝引导力，导线416 会滑离布线轮504。如图8 至12所说明的，附加提升减少了以前布置的线圈匝的引导力，以使它保持在布线轮504 的最大横向力范围内。应该注意到，为了达到容积效率，导线416 的所有跨越发生在环形高压线圈顶、低支线上。如图8a中所说明的，处在图8 所示的模芯组件414 的转动位置，布线轮504 垂直于模芯轴417。

在图9 和9a中所见的模芯组件414 被反时针地转到布线轮504 位于接近线模槽内柱中点的位置。模槽内柱的轴向横截面为如图9a所示的梯形，换言之，环形线模槽562 的侧壁560 和566 对于线模槽来说逐渐向入口564 收缩。为了适应这种梯形横截面，但还是要将横向地在通向线模槽的窄入口564 外面的导线放入线模槽内的位置上，布线轮504 通过斜伺服电动机490 的转动绕斜轴线497 倾斜。注意到斜轴线497 和导线离开布线轮504 的槽506 处的布线轮504 下缘相切，这就使自位轮臂496 倾斜，但不改变导线416 的轴向位置。导线416 在线模槽562 内的轴向位置是由横向机架480 所确定的，并且是由横向伺服电动机464 控制的。此外，为了把导线416 放置在线模槽的底部，在起落凸轮528 转

动把布线轮504 降低放入线模槽562 时，使自位轮臂496 和斜轴线轴承箱486 绕 Z 轴线518 转动，以把导线416 放置在线模槽底部的附近。要注意由于模芯转动时，导线张力滑轮542 保持对于导线416 的张力，所以导线与布线轮504 圆周的形状相一致。换言之，布线轮504 对导线416 施加预弯曲，该预弯曲是和导线绕入线模槽562 时对于导线416 施加的弯曲相反。这种预弯曲缓和了导线弯曲离开线模槽562 底面的趋势。同样要注意到，在线模槽562 的内柱445 处，进入线模槽的开口564 稍微比布线轮504 的厚度宽。

在图10和10a 中，模芯组件414 再反时针地转动使布线轮504 位于线模槽562 底柱内的适当位置。注意到如图10中如示，起落凸轮528 已经转动不仅绕过线模槽底面的转角，而且绕过如前所述的一个附加量，使布线轮504 放在高出线模槽562 的底部的位置。如图10a 中所示，布线轮已经翘到接近垂直的位置。此外，布线轮504 通过绕自位轮轴线568 转动而成为自位轮，结果轮子的下部沿着线圈侧模板440 的斜左侧壁566 放置，以把导线416 布置在线模槽562 的底 转角附近。如果没有这种自位轮的特点，布线轮504 就不能跟随线模槽的斜侧壁。为了沿斜侧壁布置导线416，除了自位轮的机能外，横向伺服电动机464 驱动横向机架480 和包括布线轮504 的布线机构。要注意为了把导线416 布置在线模槽562 右下角，必须产生沿相反方向的自位轮作用。另外，对于把导线416 布置在线模槽中心，因为布线轮504 不必使导线沿斜侧壁布置，就不需要自位轮机能。

布线轮504 的自位轮机能不是单独被驱动的。相反，当导线416 正被绕入线模槽时，借助于导线的拉力或张力，使得自位转动有可能自由地发生。例如，当横向伺服电动机464 旋转带动横向机架480 和包括布线轮504 的布线机构，以使布线轮504 的底部圆周处在能够把导线416 布置在如图10a 所示的线模槽526 的左侧壁566 的位置时，布线轮504

借助于导线416 绕自位轮轴线568 转动，把轮子504 拉向线模槽左侧壁。实际上，在移离自位轮轴线的一点施加于布线轮504 圆周的导线416 的张力使布线轮504 和导线416 成直线。

图11和11a 说明下一个完整的线圈匝的绕制。如图11a 所示，导线416 被布置在线模槽562 的右侧壁560 的底部。为了在右侧壁560 布线，斜伺服电动机490 使自位轮臂496 和布线轮504 绕斜轴线497 转动，使布线轮504 的底部处在线模槽562 右底部的适当位置，而横向伺服电动机464 已经把横向机架480 和所附属的布线轮504 移向右方。由于布线轮504 此刻横过线圈的正轴向内支线，所以布线轮不起自位轮作用。

绕线过程一直继续到线模槽的内柱445 的整个底面复盖有一层导线，例如以图12中所说明的次序。注意第一匝布置在线模槽562 内柱445 左底转角和线模槽外柱568 的左底转角。第二匝靠近第一匝布置。其后，第三匝布置在线模槽562 内柱445 的右底转角，同时第三匝布置在离开第一匝越过线模槽外柱568 大约三分之二距离处。随后，第四匝布置在线模槽内柱445 的第二和第三匝之间，以推开第二和第三匝密实地填满线模槽内柱445 的底面。以后的数匝，即第五、第六匝等被布置在线模槽内柱445 第一层的上面，直至线模槽562 外柱568 的第一层被填满。通过外柱第一层最后一匝相似的楔体布置使线模槽外柱568 的第一层排紧。线圈的嵌置一直继续到相当数量的线圈匝已被布置在按线圈侧模板440 侧壁限定的饼形模型中，因而形成高压绕组60的一个线束或线圈413 。

一个完整的线圈413 绕入第一线模槽562 后，起落凸轮伺服电动机524 将布线轮504 从线模槽升起，在横向伺服电动机464 的控制下，装有布线轮504 的横向机架480 横移到下一个线模槽。随着横移的发生，确定模芯组件414 的位置，以使导线416 套在如图6 所示的导线跨接导销444 上。其后，下一个线圈413 以上述相同的方式绕入下一个线模槽

内。关于这一点应该注意到，借助于根据储存在计算机数字控制器402内的所测得的线圈侧模板440侧壁的轴向位置使布线轮504精确地轴向定位，而实现在线模槽内导线416的精确轴向布置。因此，计算机数字控制器使横向伺服电动机464按照这个测得的范围的量值转动，这时横向机架480从适合于绕一个线圈的位置移动到适合绕下一个线圈的位置。

当模芯组件414所有的线模槽都绕线形成饼形线圈413时，把导线416的端部被切断并予以固定，而且将模芯组件从高压线圈绕线机400上移去。其后，装上一个新的模芯组件，并通过测量精确地确定线模槽562的轴向位置。此后，出现新的一系列工序，把线圈绕入如前述的各线模槽内。

移去模芯组件414后，将由导线416组成的线圈粘结在一起，例如通过对导线416上的一热粘层加热。这种热量可由一种炉灶产生，或者借助使一发热电流流过导线416产生。粘结导线416是为了保持饼形线圈的形状，导线则被保持在预定的位置。

图13和13a说明布线装置770的另一个实施例。布线装置770有一个径向延伸的柱体772，该柱体772的横截面比模芯414的饼形环形线模槽562的最窄开口564还要窄。柱体772装在一心轴774上，心轴再接到一传动机构（未示出），传动机构将要叙述的目的适合和模芯414转动同步地旋转摆动心轴774和柱体772。布线装置770通常制成L形，以使一切向弯柱776配置在线模槽562内。一引线头778可转动地配置在弯柱776上用于绕一径向延伸的轴线转动。引线头778最好是一个向下开口的U形机件，U形机件有从U形的凹处延伸穿过弯柱776的孔的螺栓，利用一个如图示适当的螺帽保证U形机体相对于弯柱转动。引线头778的侧壁被沿轴向隔开，以便靠近导线416而又允许导线416自由通过，最好尽可能薄一些，以使导线416相对于模槽562的逐渐收缩的侧壁560和566紧密地布置。

在图13和13a 的另一个实施例的工作过程中，柱体772 和模芯414 的转动同步地绕柱体772 上的轴线可转地摆动，并且按照一个变化的角度值摆动，以便布线头778 安放在模槽562 收缩部分所需的横向位置上。利用一种程度控制或一种凸轮及从动轮机构，可以达到转动的角度值，凸轮和从动轮机构被安装到一个与心轴774 连接的旋转钟形曲柄。布线头778 在收缩模槽562 的位置决定了导线416 在模槽562 内的位置。虽然布线头778 侧壁的厚度确定了对于侧壁560 和566 导线416 布置的接近程度，但是布线后利用如同结合图12所述的一种“楔入”线圈匝，能移动导线416 使之和侧壁560 和566 接触。

应该注意到由于布线头778 可以从顶柱或底柱的开口插入，而移入模槽562 的收缩位置，布线头778 的轴向尺寸可以大于模槽562 收缩部分最窄开口564 的轴向宽度。可是，必须选定柱体772 的尺寸，以使它能达到最窄开口564 的范围内所需的转动角度。

图14说明布线装置另一个实施例的一种改进型式780 。这种改进的另一个实施例780 利用一种圆的柱体782,柱体782 有一个弯头，以提供一切向弯柱784 。最好利用熔焊或铜焊，把一个U形杆786 固定于弯柱784 的端部。U形杆接近贴合导线416,而又允许导线416 自由通过。这种改进的另一个实施例780 基本上以与实施例770 相同的方式工作，因此，其工作情况这里不予重复。

图15公开了一种改进的高压线圈绕线机800 ，这种绕线机不需要如在图6 至14的前一个实施例400 中所说明的绕线期间定位轮保持在饼形绕线模槽内。在许多方面，实施例800 基本上与图6 至14的实施例400 相同，具有相同的结构和相同功能的机件给以相同的数字。

上述的另一个实施例800 在绕入饼形模槽时，利用了一种新颖的定位导线的原理，包括线模槽内的导线定位但也包括线圈内支线上的线模槽的窄入口564 外的横向的导线定位。要留意以前的一个实施例利用伸



入线模槽的布线轮504 或其它的导线定位装置。例如，当将导线416 绕入线模槽凹进的内柱时，使导线416 的布线轮504 的槽506 横向地安放在线模槽窄入口564 外的线模槽内的要放置导线的位置上。在本实施例中，这种将导线定位在线模槽凹进内柱的窄口外的横向位置是通过本文所述的原理实现的，而并不需要布线轮504 的任何部分进入线模槽。这在图15中利用布线轮504 作了概括地说明，布线轮504 位于具有侧壁560 和566 的线模槽562 外。

图15至20的高压绕线机800 与上述公开的图6 至14的实施例不同之处在于：利用旋转凸轮528 和凸轮从动轮494 的径向提升机构已不适用，或者要不然被移去，以调整轮子504 的径向位置。另外，使斜轴线转轴488 关于斜轴线497 倾斜的倾斜机构也已经不适用，或者要不然被移去，以使轮子504 保持在一垂直平面内。转动横向丝杆470 以使轴环484 和轮子504 按照预先编入程序的行程横向移动的横向机构仍然适用，虽然它已经根据本文所述的原理重编程序。此外，使自位轮臂498 绕自位轮轴线568 自位转动的自位轮机构仍然起作用，但自位轮限于若干度动程。在所有其余器材方面，图15至20的实施例800 和图6 至14的实施例400 相同。

参自图16a 和16b ，现在就讨论实施例800 据此工作的原理。布线轮504 ，或其它布线装置连同其送线点位于平面806 内，平面806 由被绕的线圈匝的内、外支线所限定。图16a 和16b 清楚地说明了这个原理。正如所知，两条平行直线确定一个平面。在这种情况下，现有的这个线圈匝的径向内支线802 和径向外支线804 确定了这个所考虑的平面806 。

在每个线圈的绕线过程中，轮子504 按照程序沿模芯414 的旋转轴线来回横移，以致在绕线一周的某些部分，导线416 离开槽506 的分离点812 位于被绕的现有线圈匝的径向内支线802 和径向外支线804 所确定的平面806 内。但是整个轮子504 并非必须在平面806 内。在绕线计



程中，通过将导线416 离开轮子504 的分离点812 保持在平面806 内，导线的张力使导线被布置在线圈内支线的线模槽内，但是实际上是横向地布置在线模槽内柱的窄入口564 外。尽管，仅仅因为线圈张力而使导线416 能横向地布置在线模槽内柱的窄入口564 以外是反直觉的，但在实践中居然已经取得了这个结果。令人惊奇的是，这个结果是通过布线轮504 的位置控制取得的，这种位置控制有时候同样是反直觉的。尤其是，在具有显著不同的线圈匝平面倾斜值的各匝内支线绕线过程中，如果比较布线轮504 的位置控制，为了把内支线横向地布置在线模槽中心的较大距离处，可以使布线轮504 安置在离开线模槽中心的一较近距离处，这时线圈匝平面的倾斜值较小。由于布线轮504 或其它引线装置不是仅仅根据内支线的位置，而是根据内支线和外支线的位置定位的，所以出现这种明显不合逻辑的结果。因此，利用引线装置不同的横向位置可以使线圈内支线达到相同的横向位置，而取决于外支线的位置。

参照图16a 和16b ，由于许多线圈匝位于相对于绕线模芯414 的旋转轴线417 倾斜的平面内，当模芯414 转动时，布线轮504 必须以正弦波状的运动来回横移，至少如就要描述的在绕线一圈的某些部分时间内，使导线416 离开槽506 的分离点保持位于正被绕制的线圈匝转动倾斜平面内。尽管正弦波状的运动不必精确地重复，为了取得本发明的结果，应该使轮子504 沿模芯414 的旋转轴线417 左右横移，以便至少在收缩轭柱和内柱的绕线过程中，大概接近这种正弦波状运动；偏离真正的正弦波状运动的程度至少在需要正弦波运动的绕线一圈中的那些部分时间内，确定导线416 布置在线模槽内的精确性。如后文就要更详细描述，用于控制轮子504 横移运动的计算机程序作了修改，使得沿理论上完美的正弦波状运动可以限定许多点，轮子504 在这些点之间的横移速度被限定，以大概地模仿轮子504 的正弦波状运动。这些用于机械工具数字控制的计算机程序都已为熟知并广泛地获得应用。

由于实施例800 的绕线方法不将轮子504 放置在线模槽内，其绕线方法已经得出绕线方法的某些最佳操作原理，这些包括下列：

1 . 线圈各匝的所有内支线和外支线应该处于平行。也就是说，在线圈的内支线或外支线处不应该出现导线416 交迭。

2 . 当绕收缩轭时，应该使导线416 径向地定位。术语“径向地”在这里通常指径向地相对于线模槽侧壁560 和566 的汇合点（在图18b 所示的820 处）。或者在线模槽窄入口564 有一基本上为导线416 直径的宽度的情况下，是指径向地相对于窄入口564 的中点（图18b 所示的822 处）。术语“收缩轭”是指其中侧壁560 和566 沿导线416 绕线方向收缩的轭。这个建议是当导线被引离布线轮504 时如果收缩轭部分的线圈接近填满并且必须引导导线通过窄入口564 ,就允许导线416 绕过收缩壁560 和566 。

3 . 由于建议1 和2 ，当导线横过扩张轭时，会出现对于从一个线圈平面到另一个线圈平面的过渡所必需的导线416 的所有交迭。术语“扩张轭”涉及其中壁560 和566 沿导线416 绕线方向张开的轭。

4 . 确定扩张轭底部的导线位置，以限定要绕的下一匝平面。这事实上是内、外支线被限定为平行地处于平面806 内以及在线圈匝那些部分的绕线期间收缩轭被限定为径向，防止下一匝绕线平面的任何调整的结果。因此，在扩张轭部分的绕线过程中，借助于调整导线416 的位置（利用轮子504 的横移），实现绕组布线模型的任何变化。这在图16b 已有说明，图中轮子504 用实线表示，以表明绕完第(N) 匝内支线后的轮子504 的位置，虚线表示的轮子504 表明绕制第(N+1) 匝外支线前的轮子504 的位置。绕组模型应该调整形成最小的线圈体积，并且最好限制匝间的电介质应力。例如通过隔开线圈匝限制电介质应力，线圈匝以绕线顺序具有较大的间隔。作为一个极端，介于线圈第一匝和线圈最后一匝的电介质应力最大。

一般地说，线圈的张力必须保持足够的高，以防止导线416 已经嵌入模芯（或放在线匝下）后布线轮504 的定位横移期间导线416 的横向移动或打滑，否则导线416 被布置在适当位置后，导线416 就会滑出即绕那匝确定的理想平面。

在线圈绕制过程中，由于正被绕的那匝往往会推开不完整层的那几匝，所以线圈的一层通常必须完成后，才能绕下一层的线圈匝。此外最好布置交迭，以使交迭导线和先绕的线圈匝的交角大到足以防止沿先绕线圈匝的基本定向，先绕线圈匝会阻碍交迭。线圈匝的绕线过程中其余的实际布置考虑对于本技术领域的普通技术人员是很显然的，而不必在这里详细描述。

图17a 和17b 说明根据这条新原理的一匝开始的绕线。图17a 和17b 表示一匝的开始，导线416 来自444 处的先绕的线圈。虽然图中没有示出，但模板440 在这点可以开设槽口，以便于跨接。留意第一匝的外支线正在绕线，导线416 以点808 横过外支线到点810，这两点各自位于线模槽外柱的横向极端（向上地布置在图17b 所示的模槽内）。定位布线轮504 的计算机程序已经使布线轮504 的分离点812 定位在一个由经过点808 和810 之间的直线和计算机程序中预定的一条直线所限定平面内。后一条线表示现有那匝内支线绕线时导线416 会占有的那条线（显示于图19a 和19b 中的点824 和826 之间）。正如以前提到的，整个布线轮504 并非必定要处在这个平面内，而只是导线416 离开轮子504 的圆周槽506 的分离点812 必须落在该平面内。然而，由于线模槽外柱有扩张的模槽壁，允许布线轮504 有很大的自由度，只要不干涉模槽壁，分离点812 相对于外柱的定位不是要求很严的。因而，需要时，分离点812 可以方便地布置在垂直于模芯414 旋转轴线417 的平面内，这个方面包含点808 和810 之间的导线416 的那一段。如从这个图上可以见到的，即使如果分离点被定位在这样一个包含外支线段的垂直平面

内，导线416 也会被精确地定位在点808 和810 之间。

导线处在如图20a 和20b 所示位置后，横芯414 沿箭头814 的方向绕自身的轴线417 旋转直至它处在如图18a 和18b 所说明的位置。在图18a 和18b 中，线圈匝的收缩轭正从点816 绕到点818 。留意线模槽的收缩壁560 和566 在模芯414 前面的一点820 汇合。通过轮子504 的分离点812 在图18b 中向下横移确定轮子504 的分离点812,以使导线416 从点816 到点818 的连线通过收缩壁560 和566 的汇合点820 。确定这种关系，以使导线416 在壁560 和566 限定通过线模槽内柱的一窄入口或凹进开口处绕过这些壁。在这方面，由于导线416 穿过点820 ，可以认为导线相对于点820 径向地定位，并且照这样绕过线模槽收缩壁560 和566 。如果线模槽内柱上的收缩壁560 和566 的窄开口822 基本和导线416 的直径具有相同的大小，最好是认为汇合点820 被处在线模槽内柱窄开口822 的中点。利用这种方法，而使导线416 保证绕过线模槽收缩壁560 和566 。按照图18b ，留意收缩轭的起始点816 ，收缩轭的终止点818 ，汇合点820 和轮子504 的分离点812 都排成一行。

在图19a 和19b 中，通过绕轴线417 沿箭头814 的方向进一步转动模芯414,使导线416 的即绕线圈匝的绕线继续。图19a 和图19b 说明线圈匝内支线从点824 绕到826 。由点824 和826 限定的直线表示即绕线圈匝的内支线，而由点808 和810 限定的直线表示即绕线圈匝的外支线，这两条直线一起限定一个平面，在线圈匝内支线绕线期间，导线416 离开轮子504 圆周槽506 的分离点812 被位于这个平面内。为了完成内支线的绕线，图20b 中的分离点812 已经相对于图18b 中的位置812 横向地向下移动。应该留意分离点812 有时和正常直觉相反地定位。例如，在下一匝上，分离点812 可以处在一较低的位置，以使导线布置在收缩线模槽内对于内支线与先绕那匝比较相对较高的位置（如图19b 所见），由于分离点的位置是两条支线内支线和外线位置的一个函数，而不仅仅

是内支线位置的一个函数。同样应该留意导线416 已线在线模槽内柱的窄入口822 外被横向地定位。

在图20a 和20b 中，模芯414 已经继续绕轴线417 沿箭头814 的方向转动，以使模芯414 定位绕制现正绕线的那匝的扩张支线。如上文结合图16b 所指出的，为了形成先绕线圈匝(N) 平面到下一线圈匝(N+1) 平面之间的过渡，扩张支线提供了自由度。为了绕制扩张轭，轮子504 的分离点812 被定位在由先绕那匝内支线在点824 和826 之间的连线和下一匝外支线在点828 和830 之间的连线( 只在图20a 中示出) 限定的平面内。利用这种方法，使导线416 在较早那匝平面和下一匝平面之间过渡，越过位于其路径上的任何导线。如从图20b 可以见到的，线模槽外柱的扩张壁使导线416 沿非平行、非径向的方向很容易地被引导。其后，用上述相同的原理绕制下一匝。

如上文所述，在模芯414 转动过程中,在使轮子504 的分离点812 定位的模芯414 转动一周的时间内，利用已知的数字控制程序。通过设立一系列点，例如10点，可以达到轮子504 的分离点812 的位置控制。最好，这些点沿着由一匝的内、外支线所在的倾斜平面的转动而限定的理想正弦波路径分布。此外，当倾斜平面转动时，对于逼近倾斜平面正弦波运动的这些点之间的布线轮504 的分离点812 确定了跃迁率，本质上，当倾斜平面随模芯414 的旋转而转动时，使分离点812 保持倾斜平面内，在一个示范的实施例中，这10个点位于靠近四条支线每一条绕线的起始点和终止点，一个辅助点位于每个内支线的绕线中点以及扩张轭支线的绕线中点。

尽管在示范的实施例中，模芯转动，而导向轮或装置504 不能转动。要体会到，机器可被改进，以使导向轮或装置504 绕一不转动的模芯转动，只要仍然应用本发明的原理。

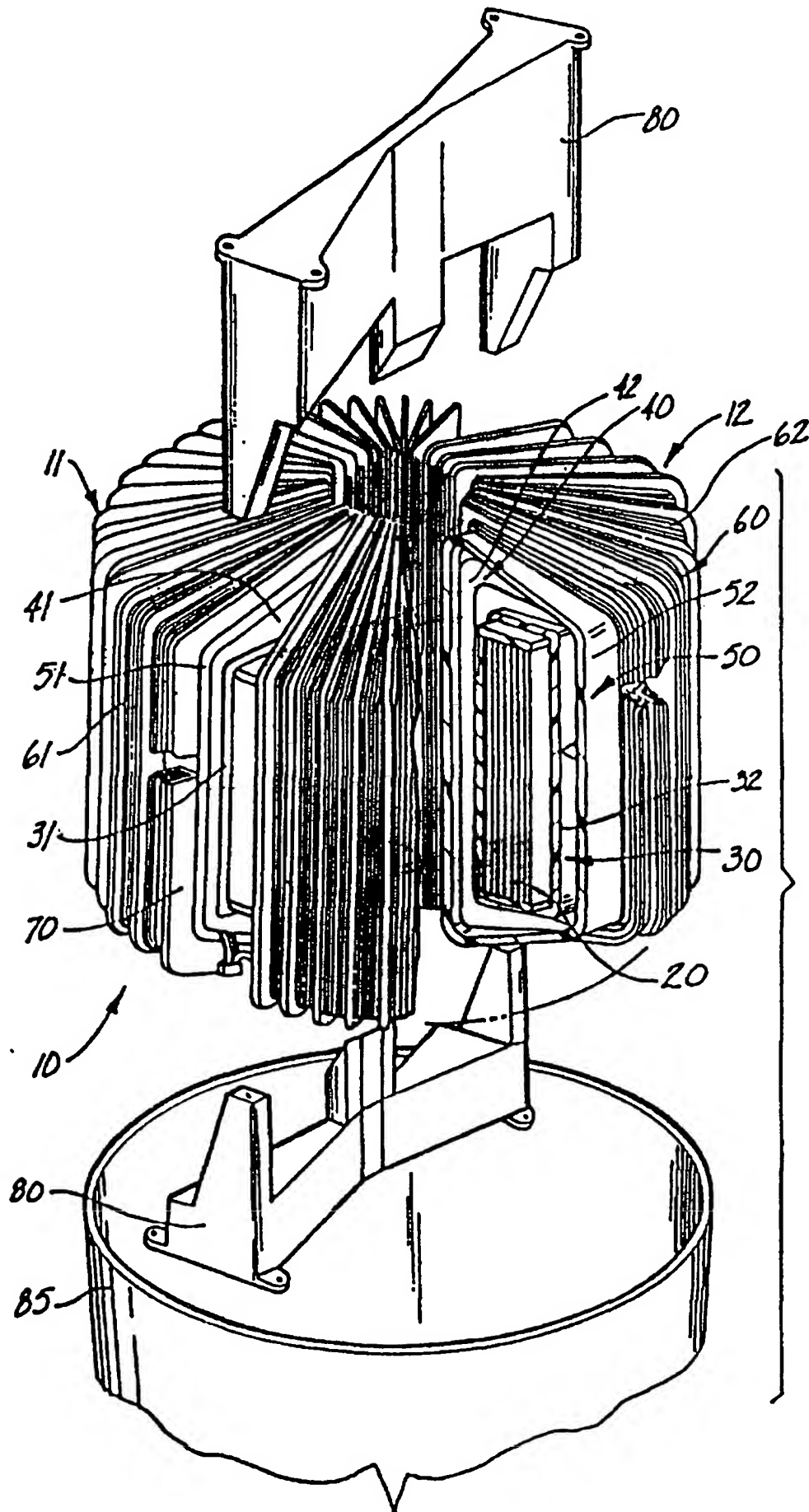


图 1

图 2

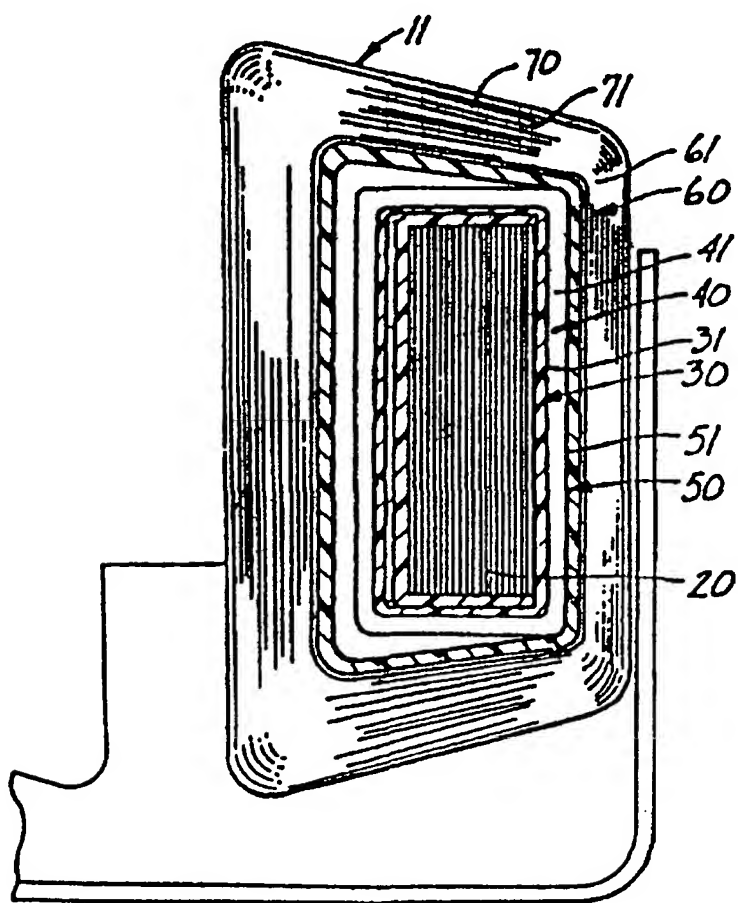
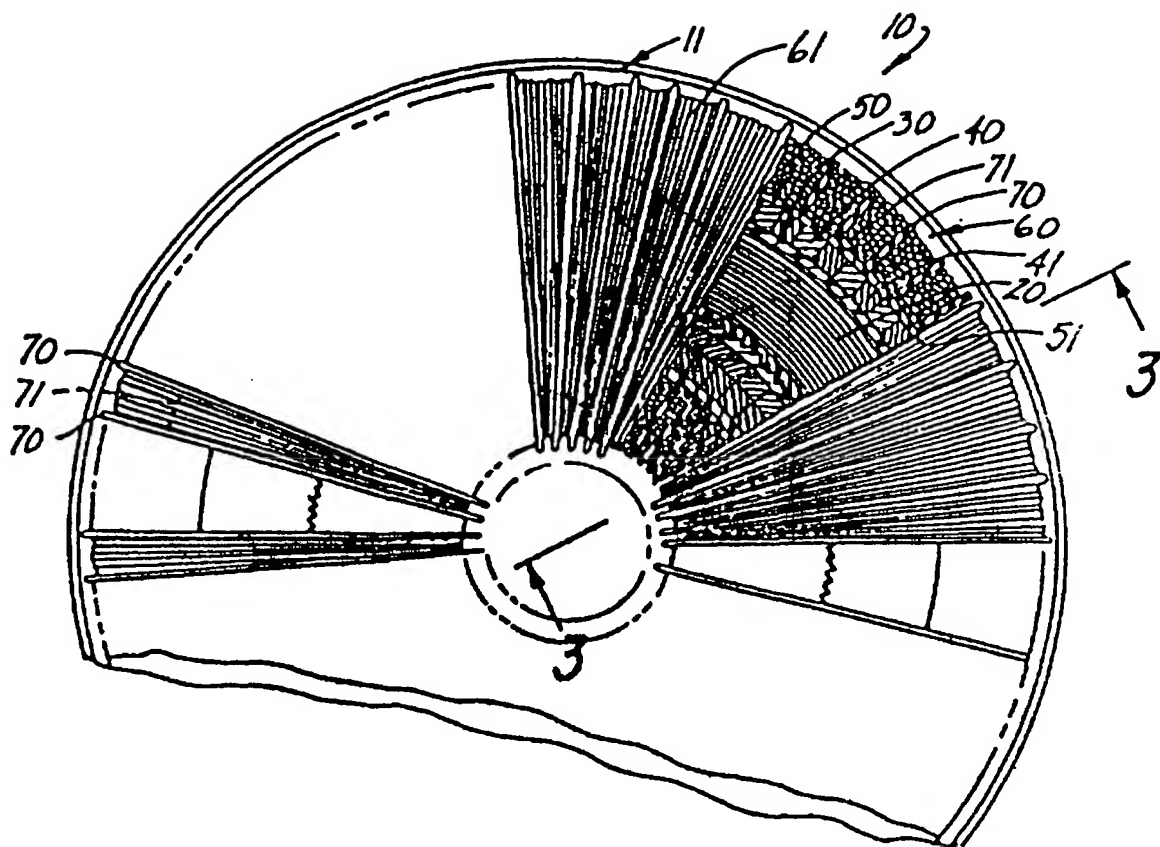


图 3

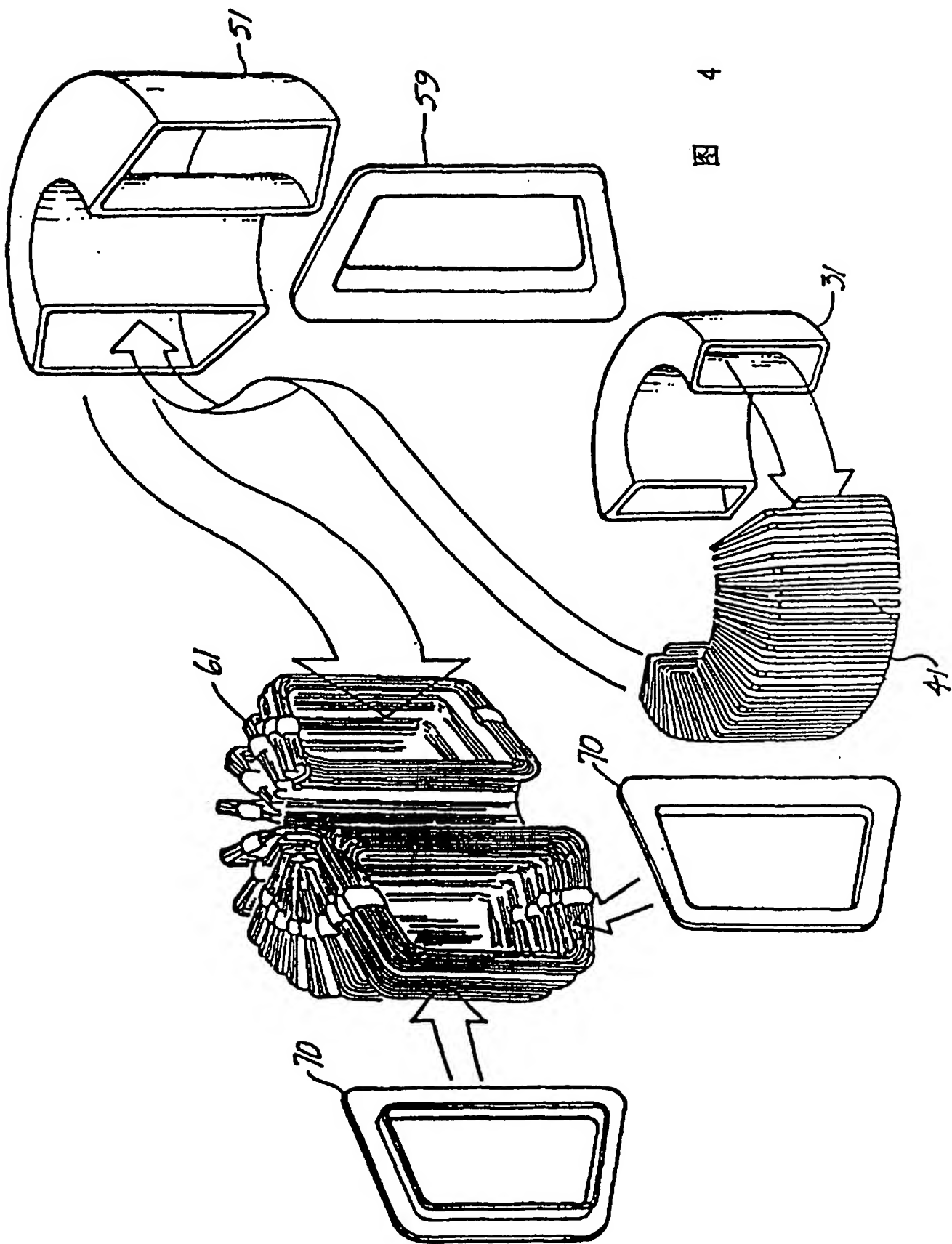


图 4



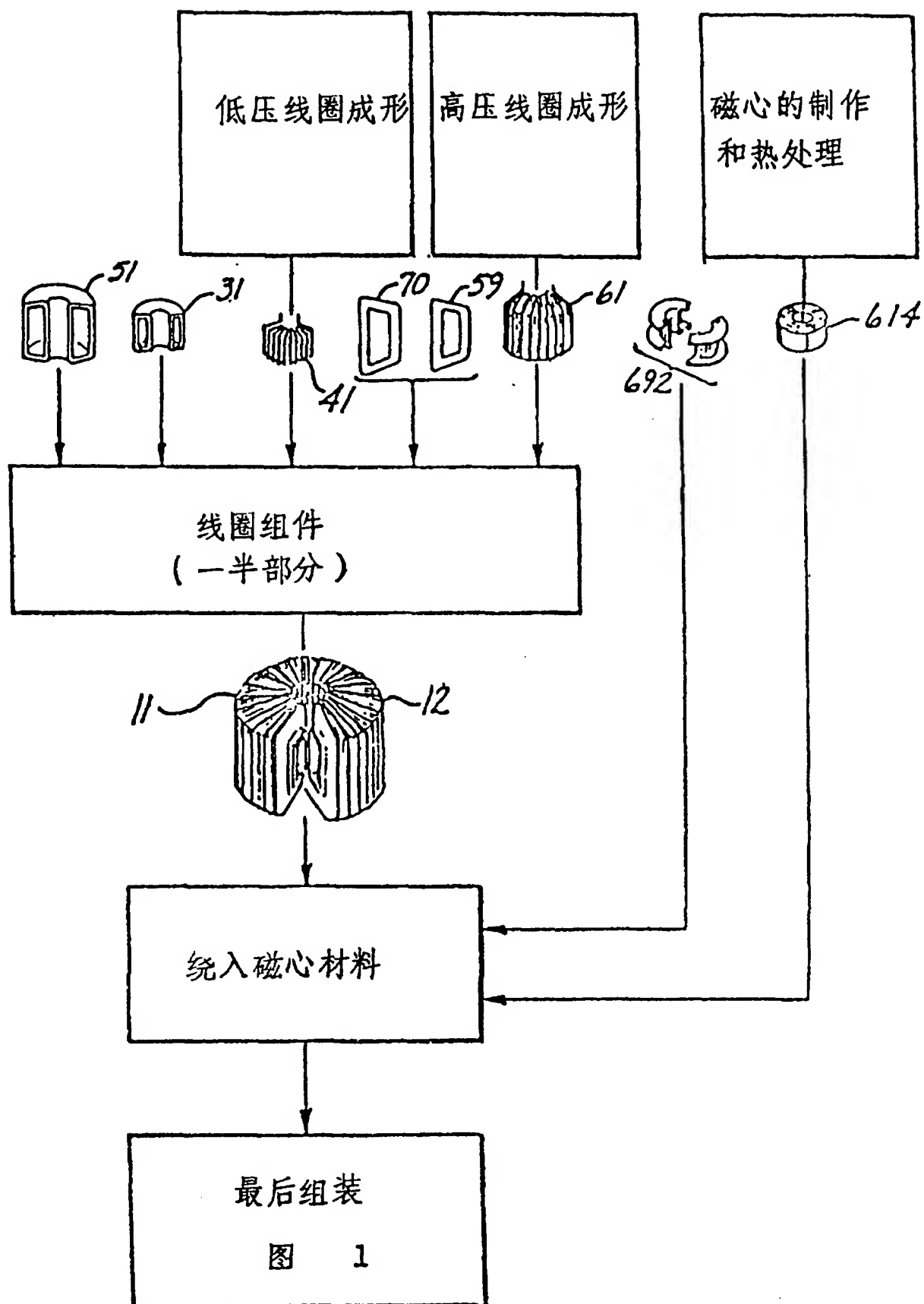
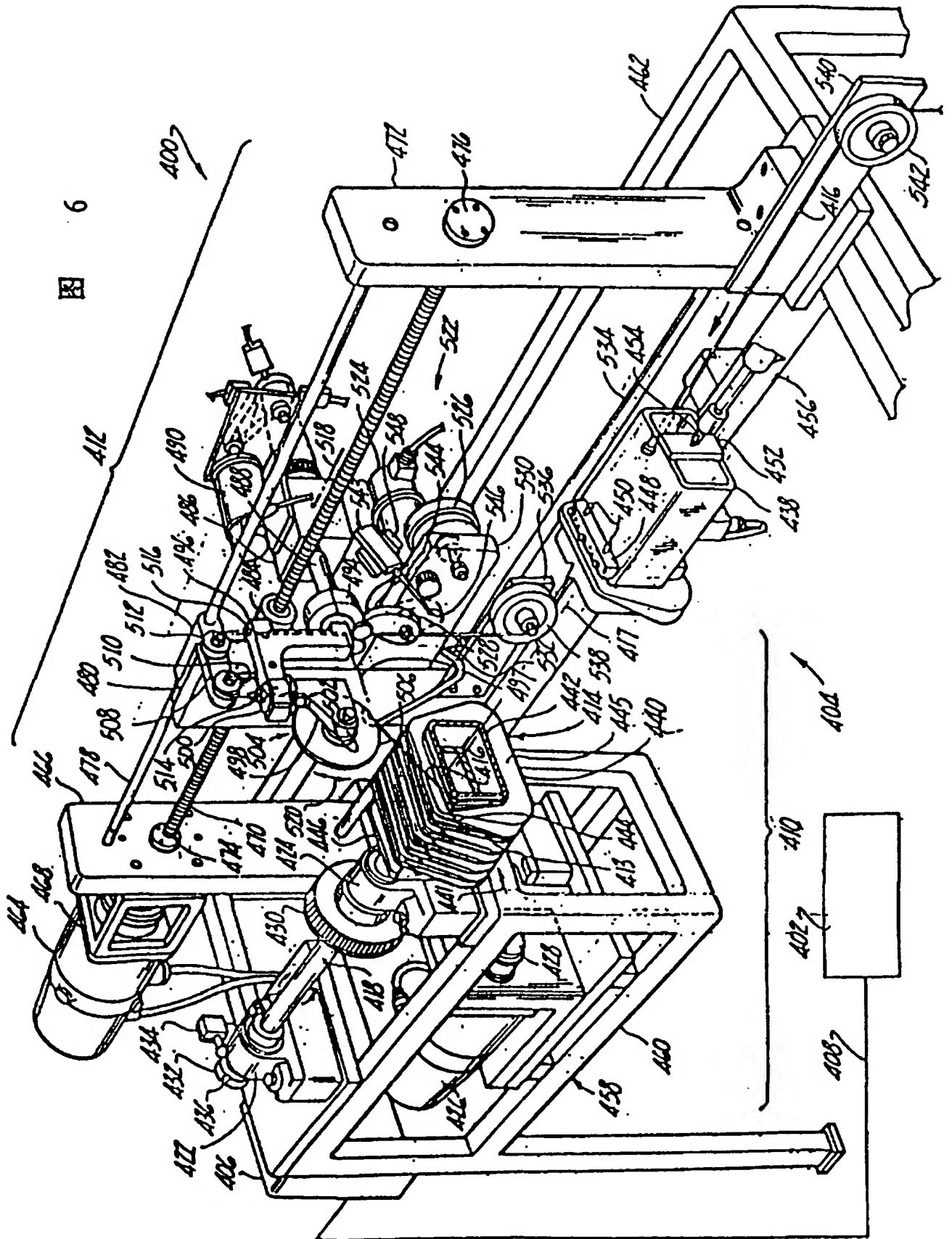


图 5

3615



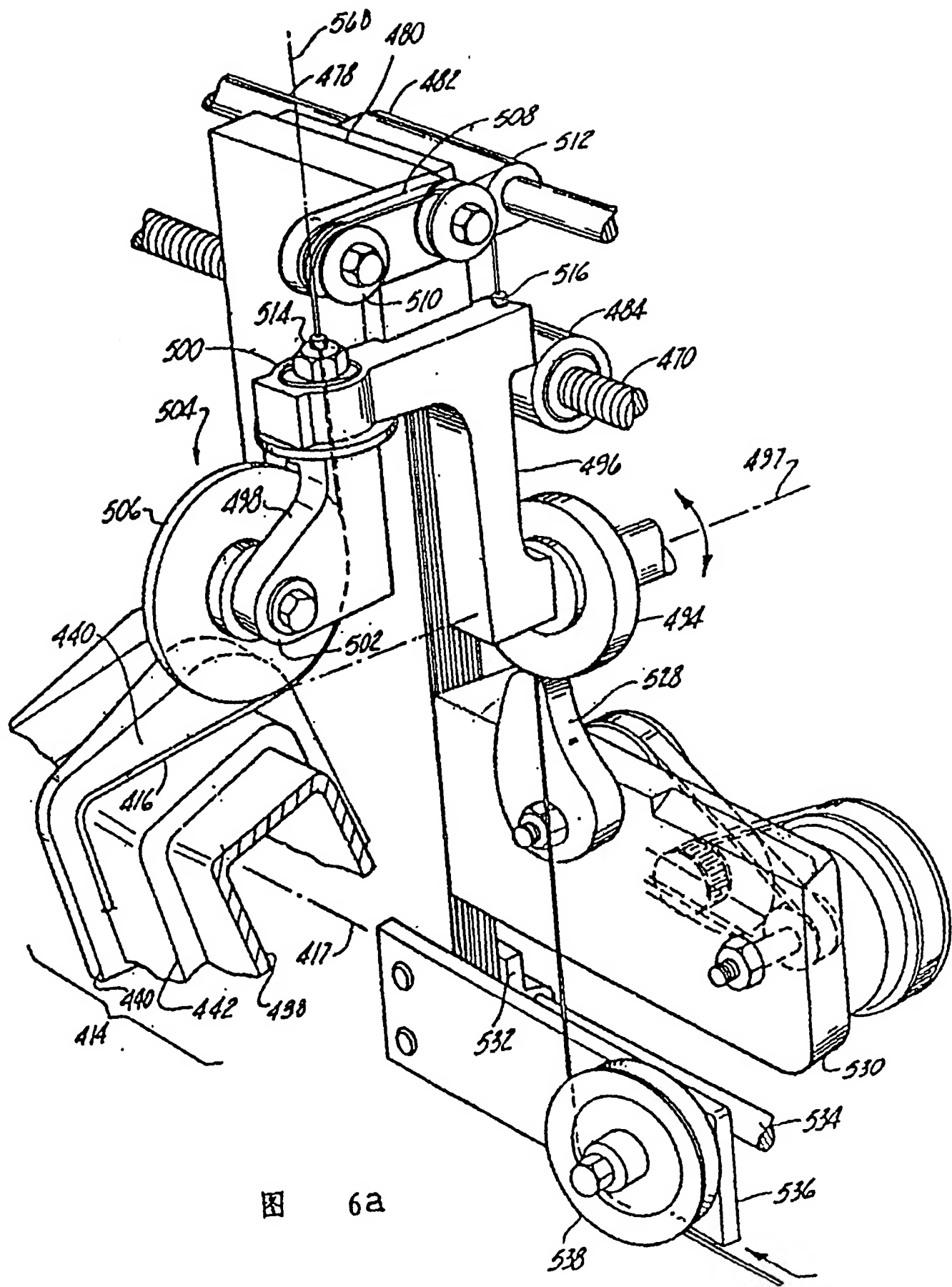
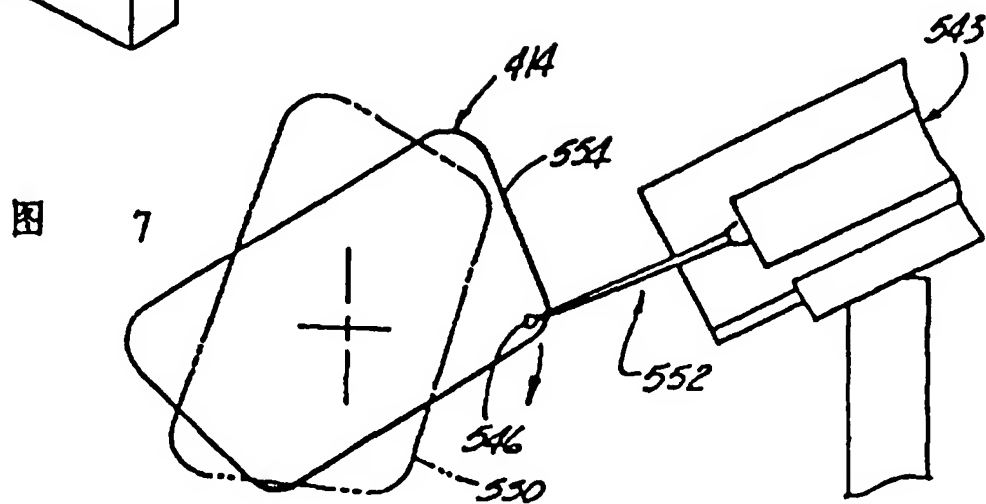
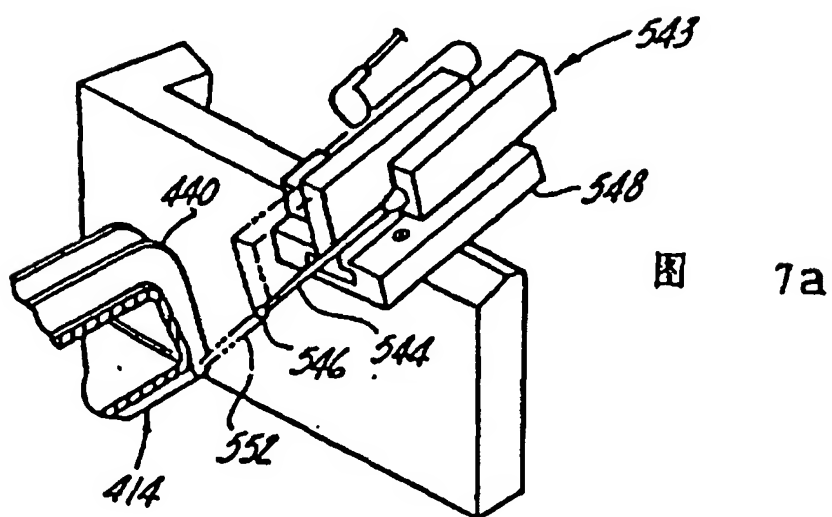
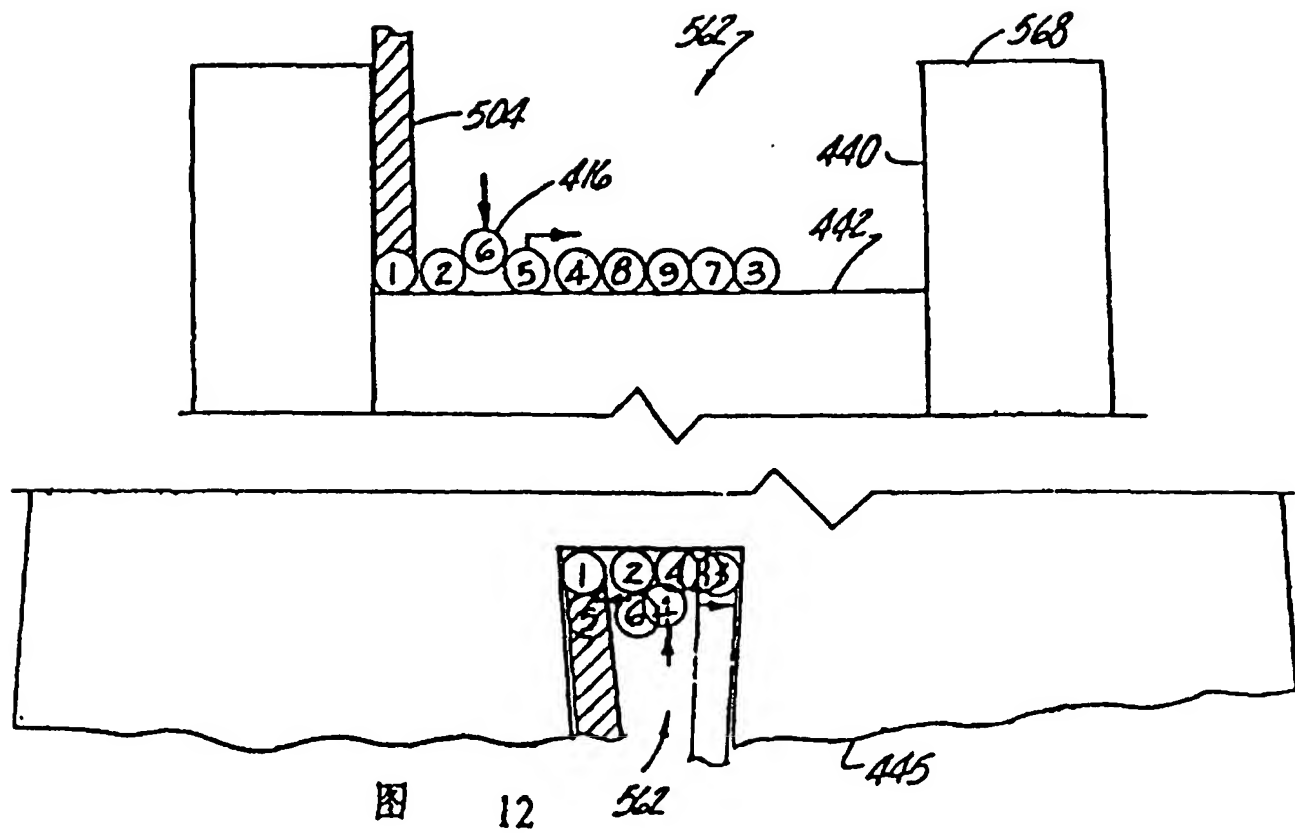


图 6a



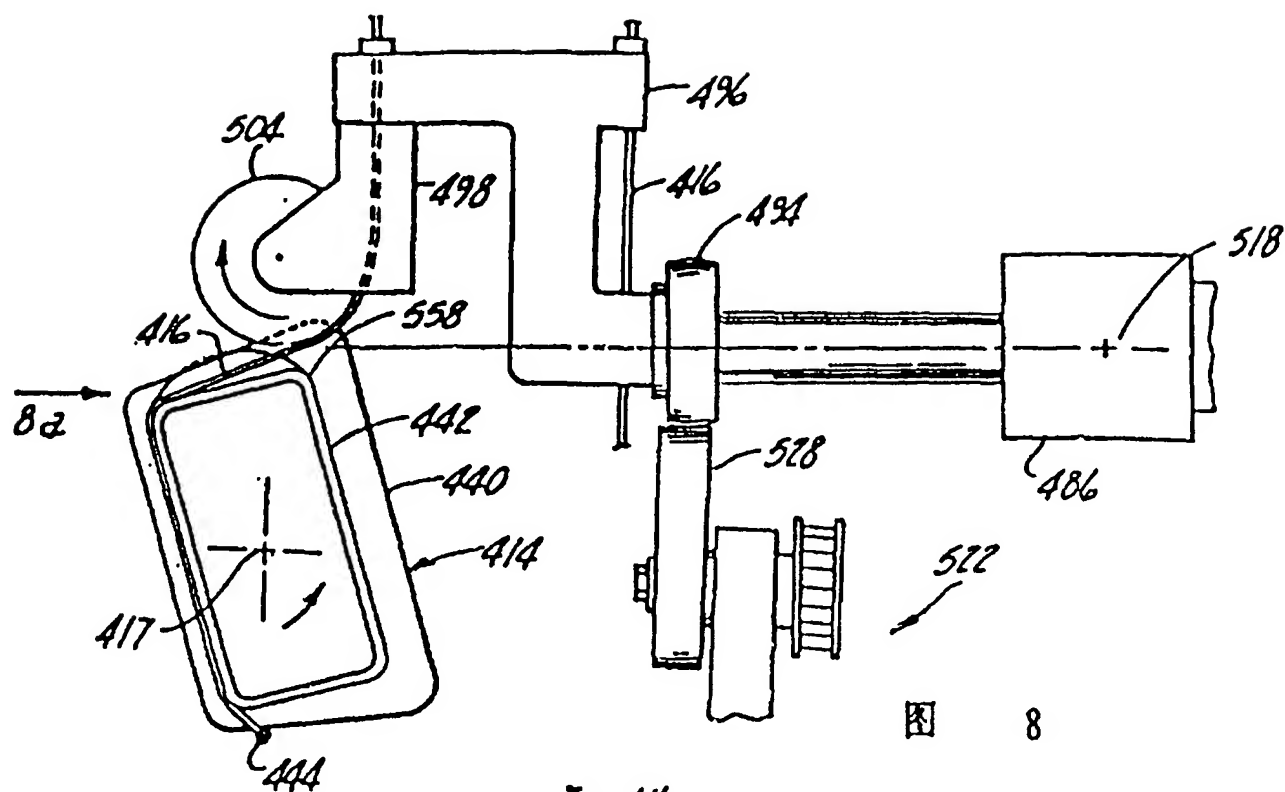


图 8

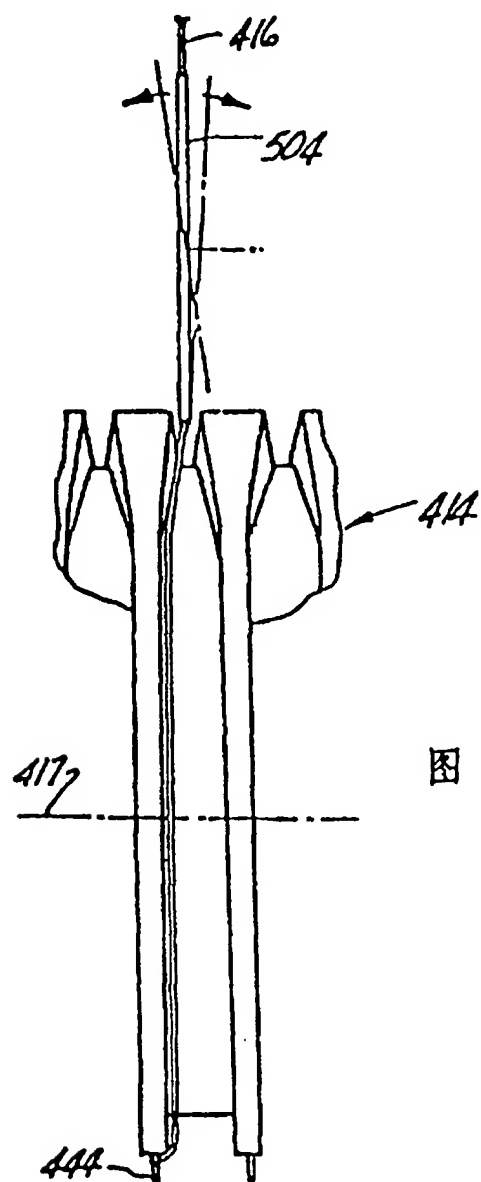


图 8a

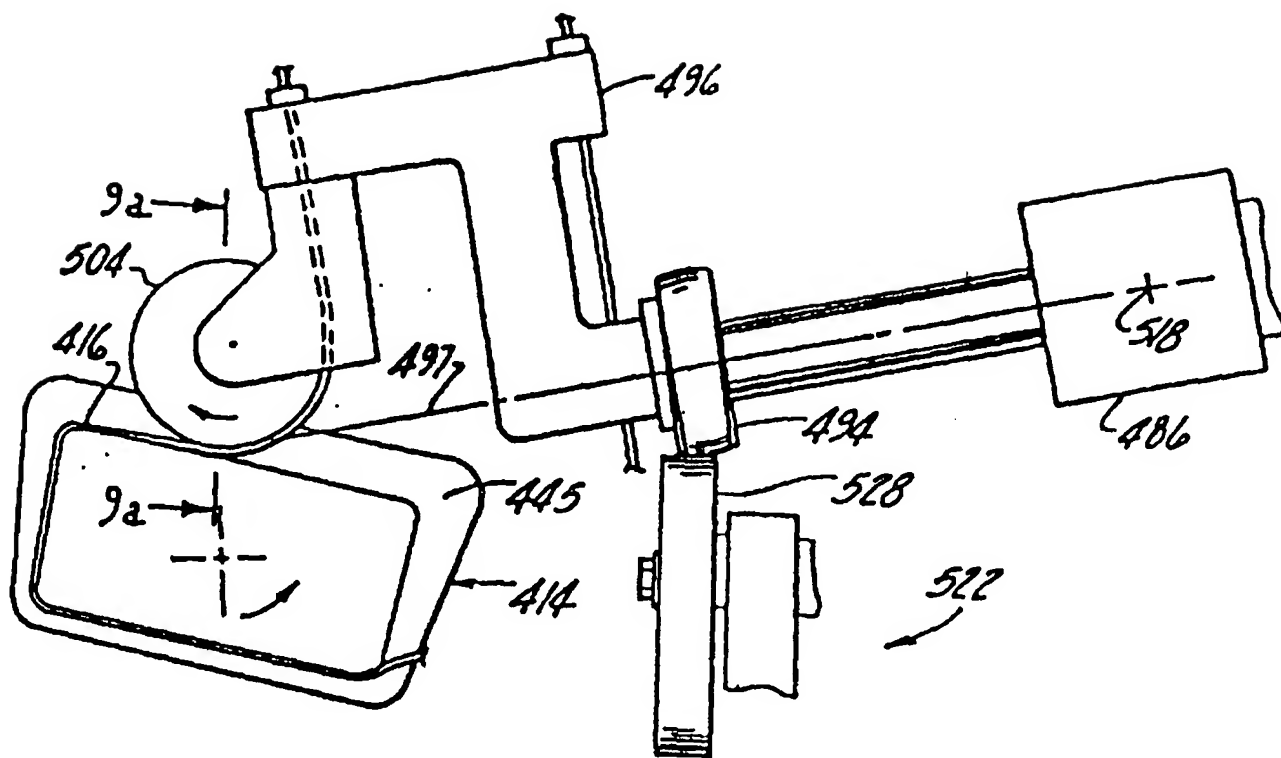


图 9

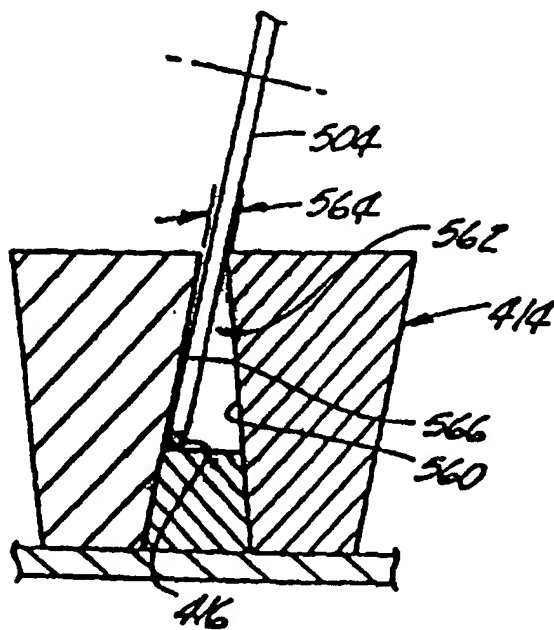


图 9a

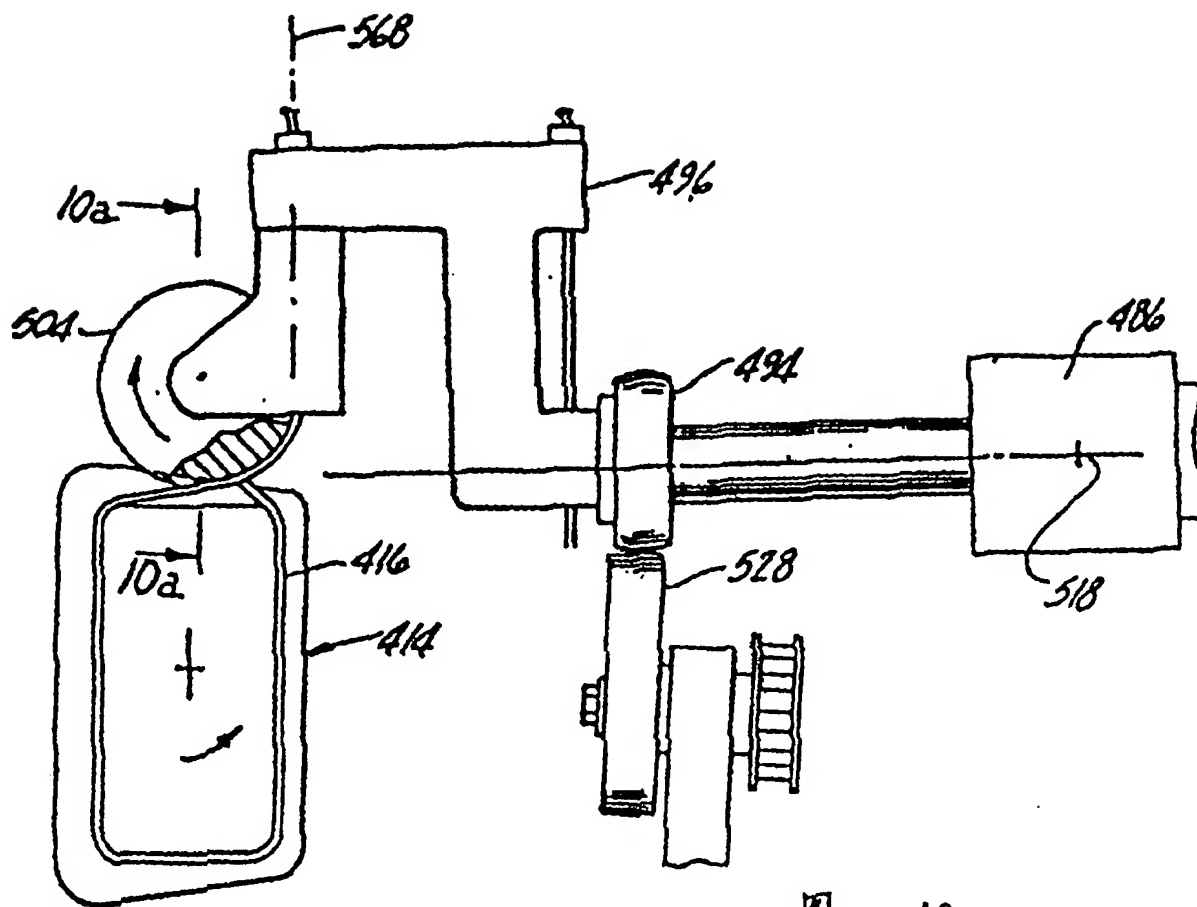


图 10

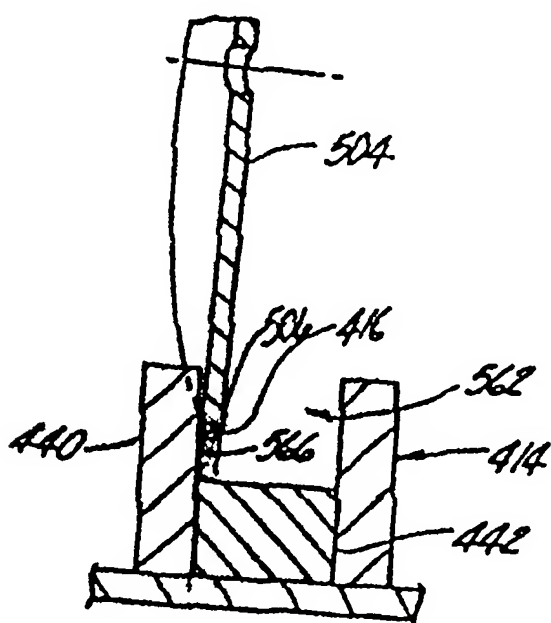


图 10a

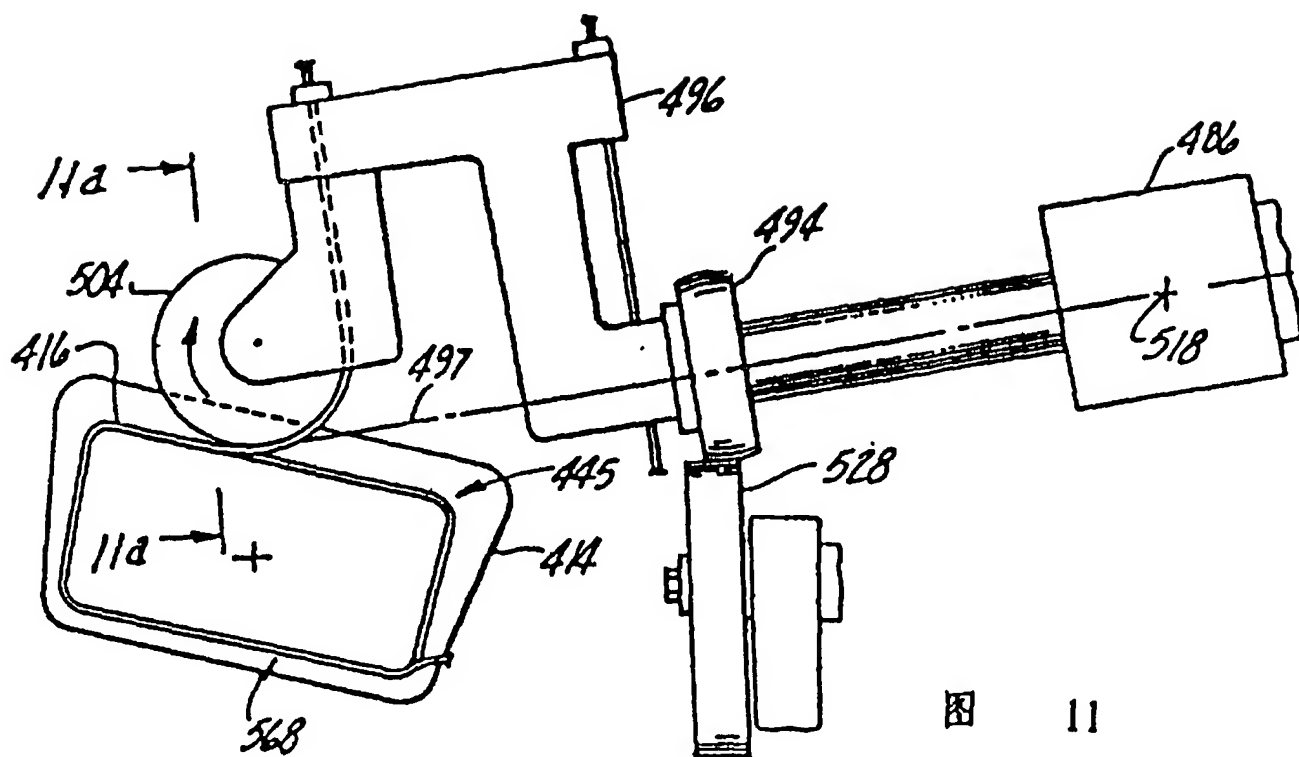


图 11

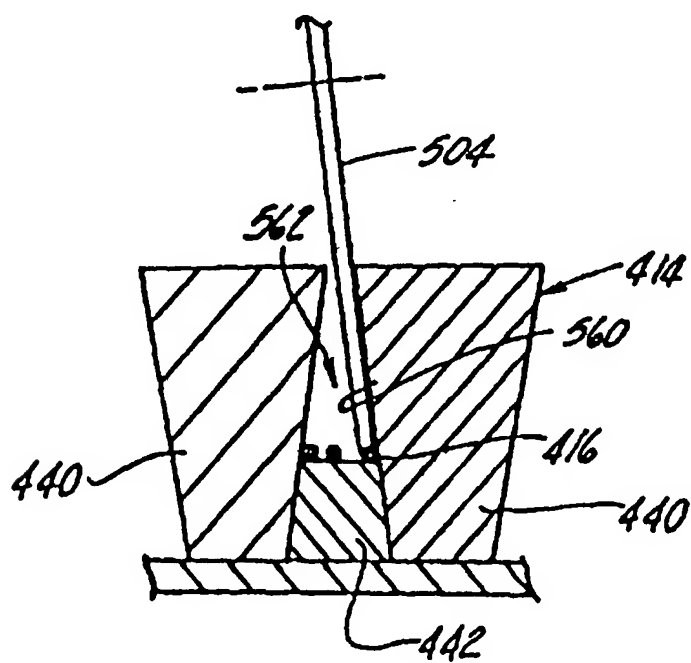


图 11a



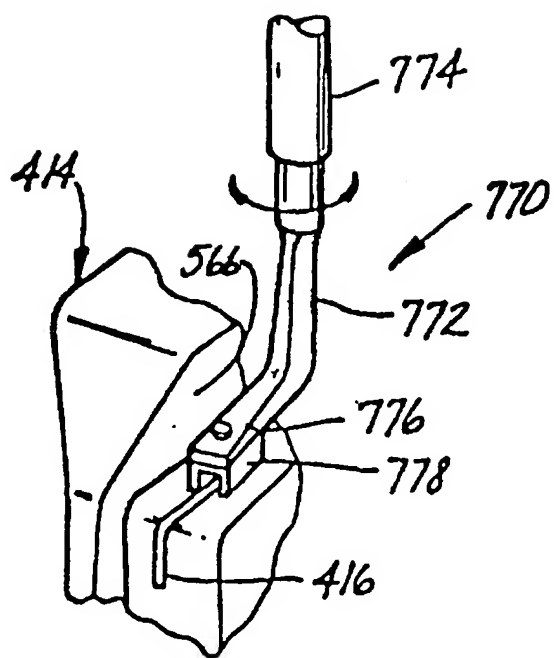
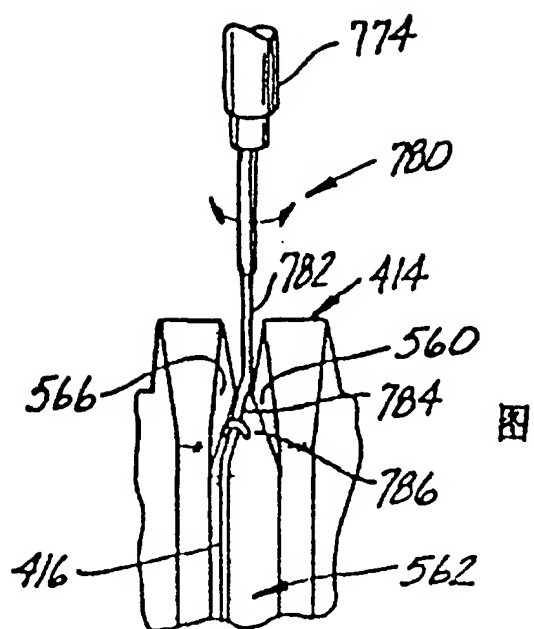


图 13



图

14

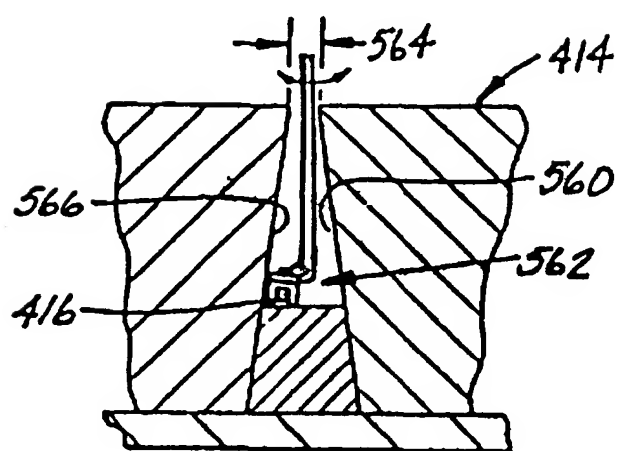


图 13a

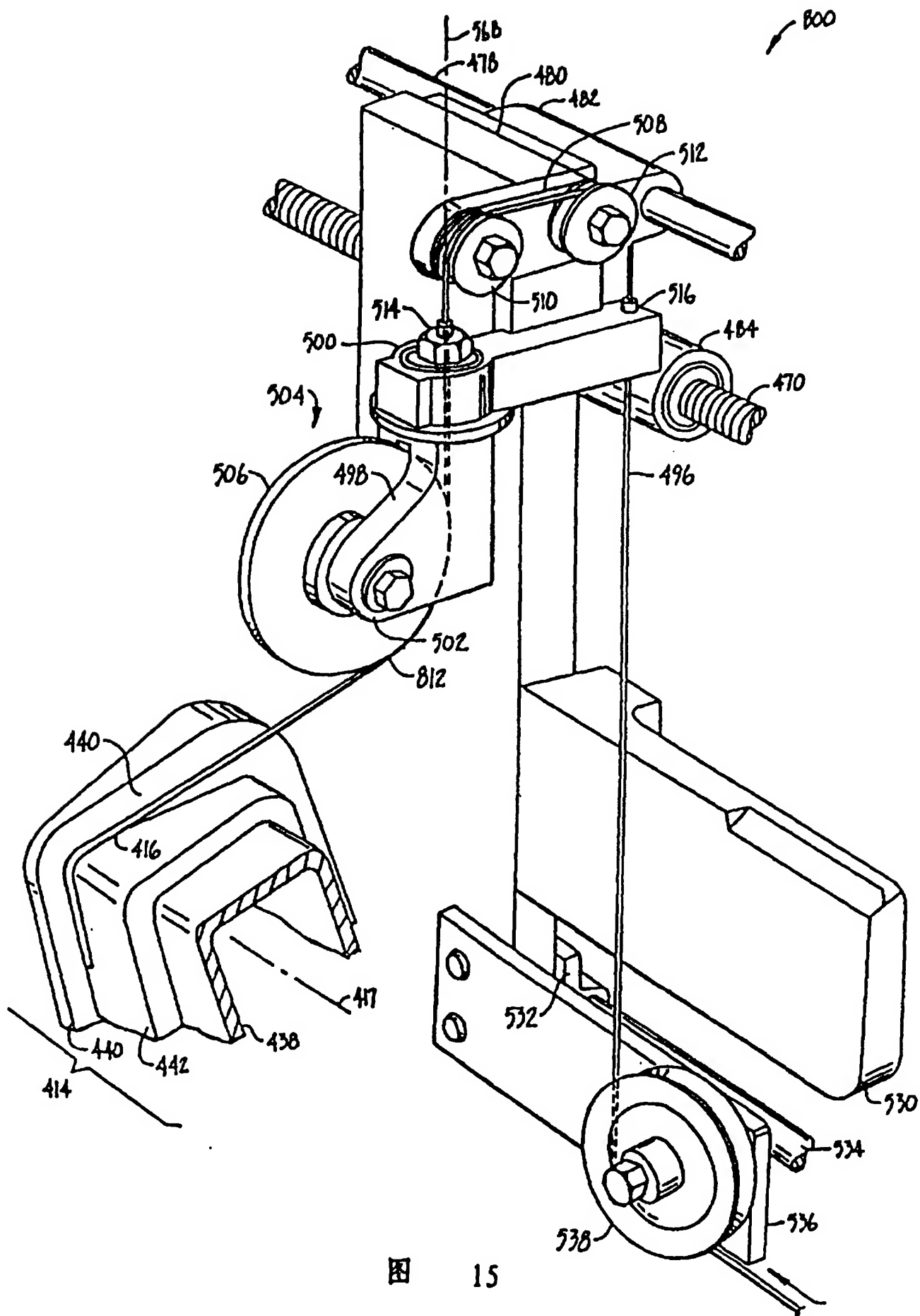


图 15

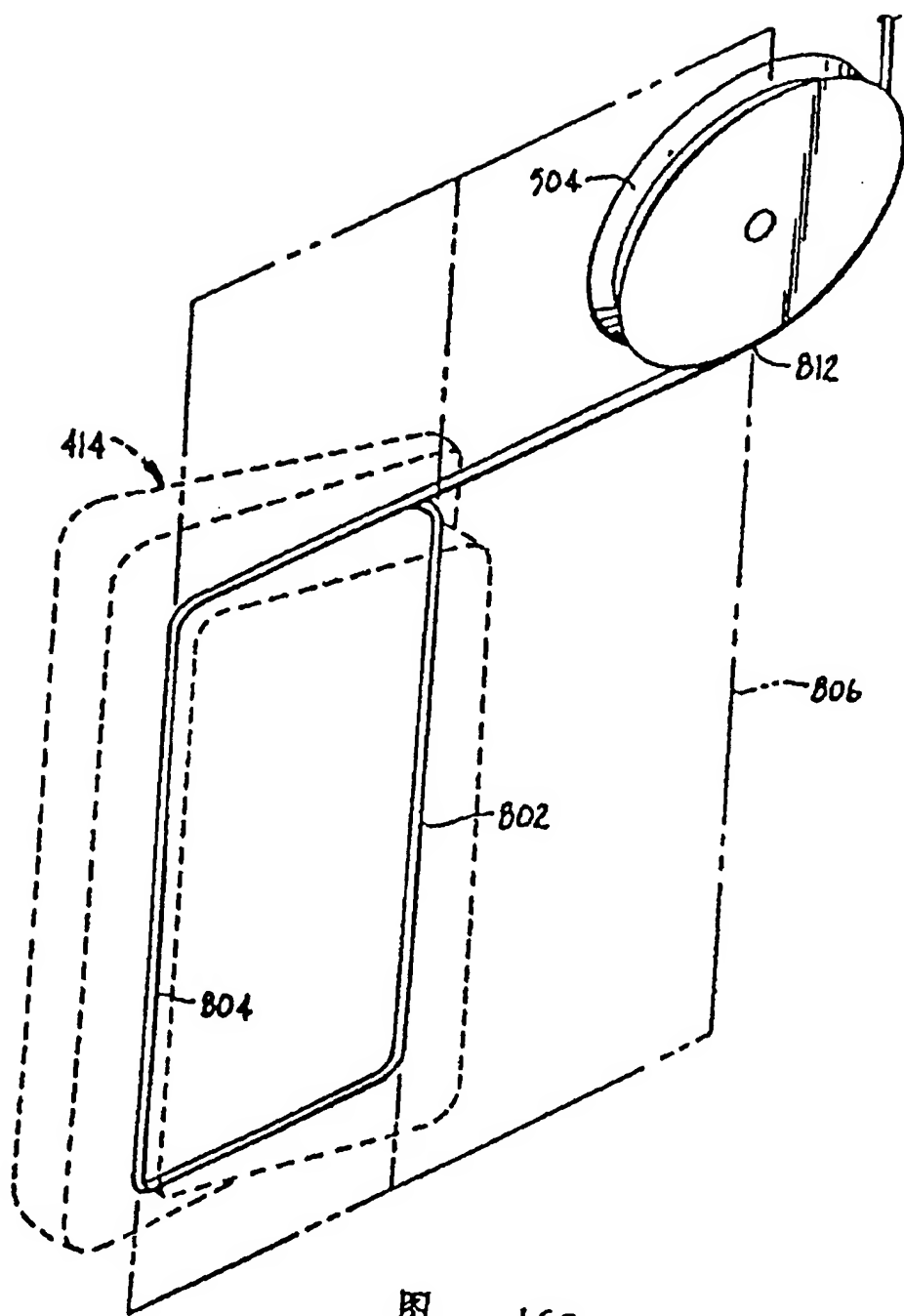


图 16a

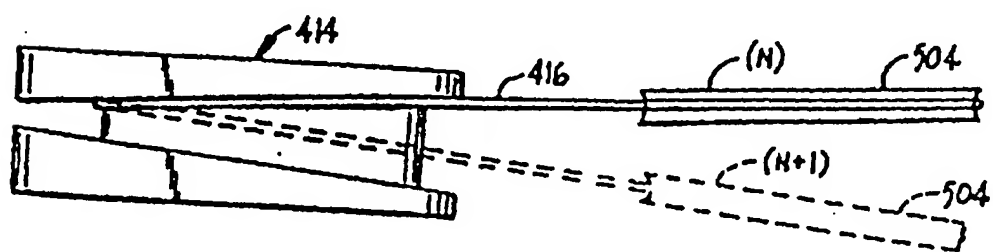


图 16b

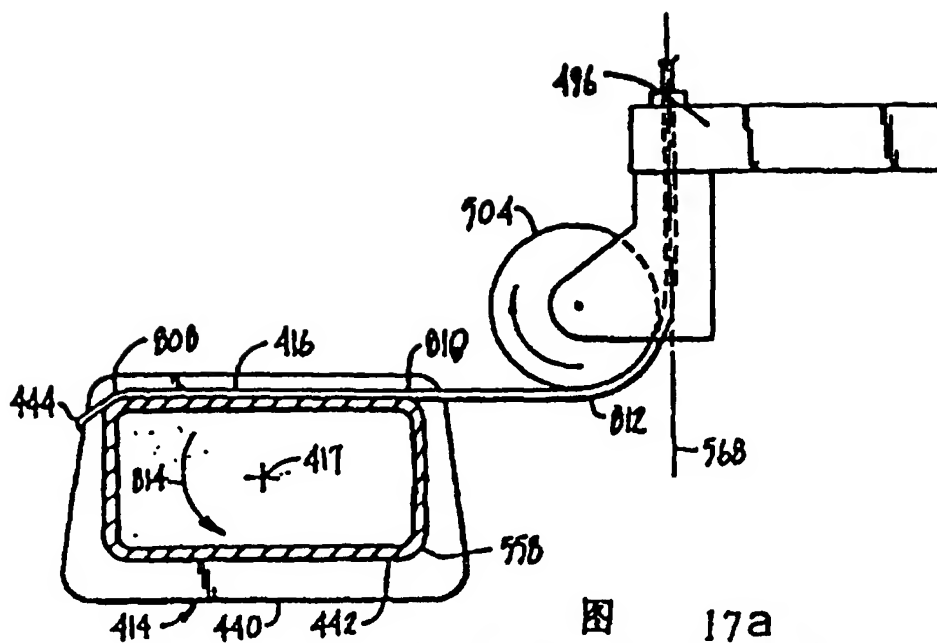


图 17a



图 17b

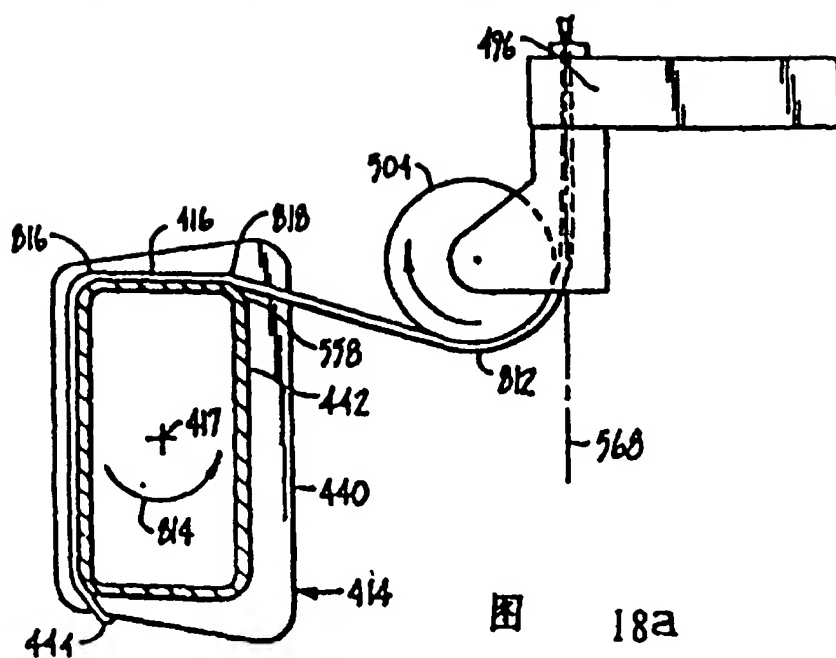


图 18a

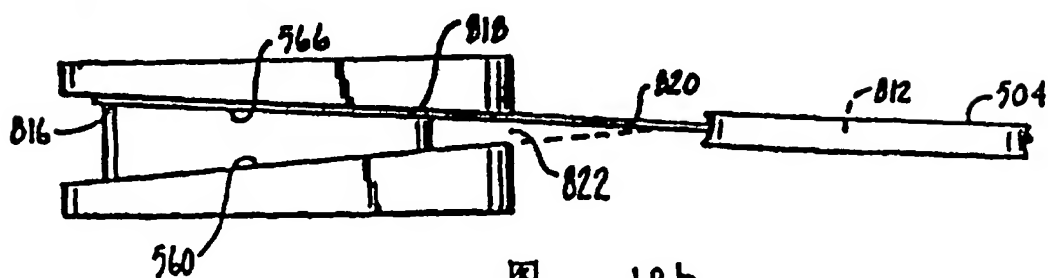


图 18b

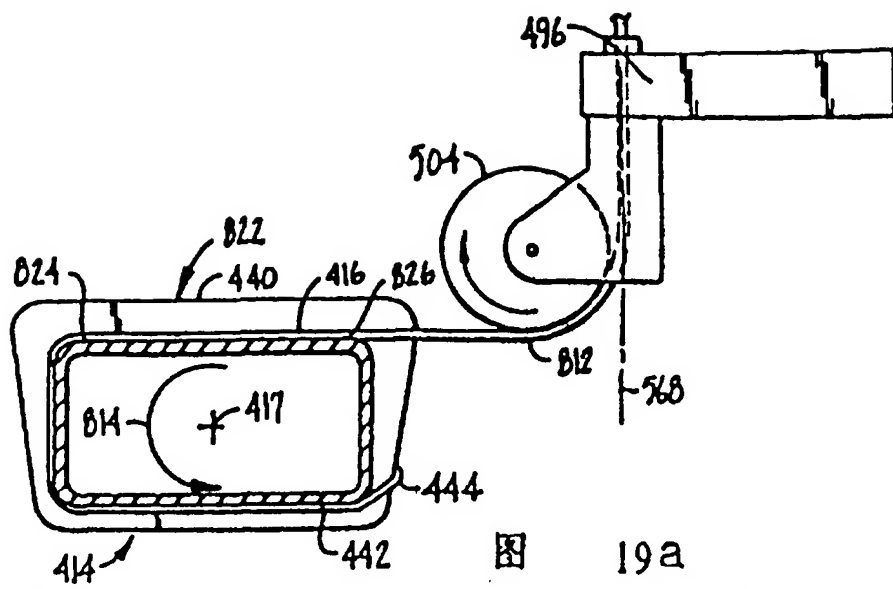


图 19a

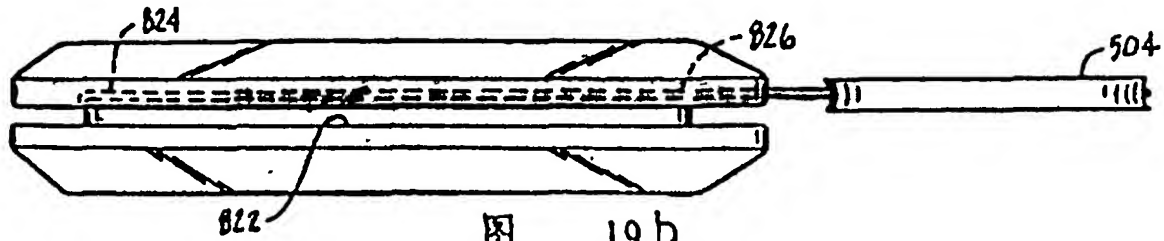


图 19b

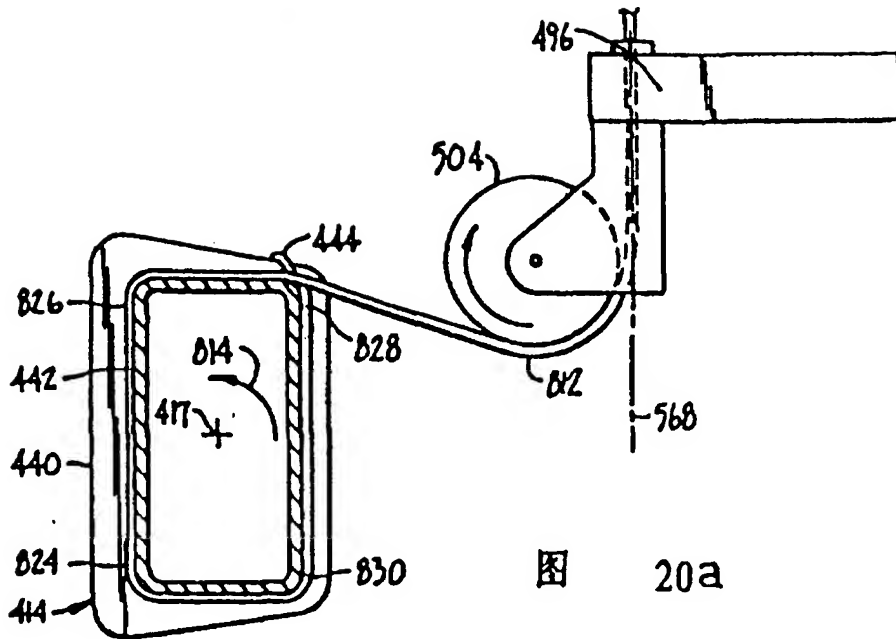


图 20a

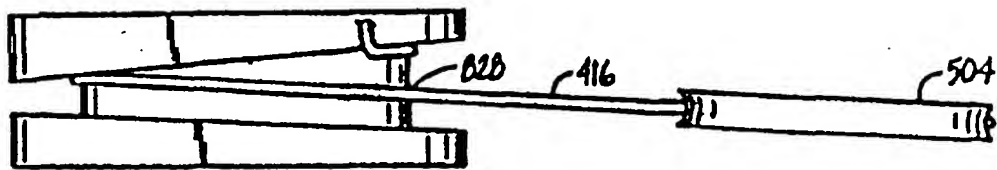


图 20b